

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

# Konstrukční návrh otočného stolu pro robotizované pracoviště

Engineering design of the rotary table for robotized  
workplace

Student:

Bc. Lukáš Cieslar

Vedoucí práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2015

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Cieslar**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Konstrukční návrh otočného stolu pro robotizované pracoviště**  
**Engineering Design of the Rotary Table for Robotized Workplace**

### Zásady pro vypracování:

Pro potřebu firmy VorKon Engineering s.r.o. navrhnete otočný stůl pro dva svařovací přípravky. Při návrhu berte v úvahu velikost základní desky přípravku 2m x 1m a nosnost otočného stolu cca 2000kg.

### Proveďte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci desky otočného stolu.

Rozsah výtahu z řešerše z Diplomového projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 2A0.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8.

*Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*

FS\_SME\_05\_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.



Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě      18. 5. 2015



.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2015



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš CIESLAR

Adresa trvalého pobytu autora práce:

700 30, Ostrava-Dubina, Škody 190/5

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CIESLAR, Lukáš. *Konstrukční návrh otočného stolu pro robotizované pracoviště*: Ostrava, 2015. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 71 stran, Vedoucí práce: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem otočného stolu. V úvodu práce jsou nastíněny jednotlivé typy otočných stolů, jejich principy a využití. Dále se práce zabývá jednotlivými konstrukčními uzly otočných stolů, které je nutné znát k úspěšnému sestrojení. Následně je zpracován konstrukční návrh otočného stolu, ve kterém jsou uvedeny požadavky kladené na zařízení a jeho funkce. Konstrukční návrh je dále rozpracován až po čistou stavební strukturu zařízení. Výpočtová část se zabývá kontrolou zvoleného ložiska a určením klopného momentu ochranné stěny stolu.

Výkresová dokumentace je přiložena v Příloze diplomové práce.

## ANNOTATION OF THESIS

CIESLAR, Lukáš. *Engineering design of the rotary table for robotized workplace*, Ostrava, 2015. Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, 71 pages. Head of the thesis: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

This thesis deals with the structural design of the rotary table. In the introduction are presented different types of rotary tables, their main principles and utilization. Furthermore, the thesis deals with different structural units of the rotary tables which are mandatory for the successful construction. Subsequently is handled the structural design of the rotary table, which contains the requirements for the device and its functions. Engineering design is further developed to the final building structure. Computational part deals with the control of the selected bearings and determination of the overturning moment characteristic for the protective wall of the table.

The drawings documentation are attached in the thesis.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE .....</b>	<b>13</b>
2.1	OTOČNÝ STŮL [1] .....	13
2.2	SCHÉMA OTOČNÉHO STOLU [1] .....	14
2.3	POHONY OTOČNÝCH STOLŮ [2] .....	14
2.3.1	<i>Přímý pohon [2] .....</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Nepřímý pohon [2] .....</i>	<i>15</i>
2.4	PŘEVODOVÁ ÚSTROJÍ NEPŘÍMÝCH POHONŮ .....	15
2.4.1	<i>Šnekový převod s přímým ozubením[4] .....</i>	<i>15</i>
2.4.2	<i>Šnekový převod s globoidním ozubením[4] [8] .....</i>	<i>16</i>
2.4.3	<i>Mechanismus s kuličkovým šroubem [9] [10] .....</i>	<i>16</i>
2.5	UPÍNACÍ DESKA OTOČNÉHO STOLU [11] .....	16
2.6	LOŽISKA OTOČNÝCH STOLŮ [14] .....	17
2.6.1	<i>Axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem [13] [14] .....</i>	<i>17</i>
2.6.2	<i>Axiálně radiální válečkové ložisko [13] .....</i>	<i>17</i>
2.6.3	<i>Ložiska se zkříženými válečky [15] [16] .....</i>	<i>18</i>
2.7	ODMĚŘOVACÍ ROTAČNÍ SNÍMAČE [17] [18] .....	18
2.7.1	<i>Optické rotační snímače [19] .....</i>	<i>19</i>
2.7.2	<i>Magnetické rotační snímače [20] [21] .....</i>	<i>19</i>
2.7.3	<i>Indukční rotační snímače [22] .....</i>	<i>19</i>
<b>3</b>	<b>SEZNAM POŽADAVKŮ .....</b>	<b>20</b>
3.1	KRITÉRIA PRO VÝBĚR KONKRÉTNÍHO ŘEŠENÍ .....	20
3.2	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ .....	20
3.3	POŽADAVKOVÝ LIST .....	21
3.4	FUNKCE TECHNICKÉHO SYSTÉMU .....	23
3.5	TRANSFORMAČNÍ PROCES .....	23
3.6	TECHNOLOGIE .....	23
<b>4</b>	<b>TECHNICKÝ PROCES (POUZE HLAVNÍ TOK) .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>FUNKČNÍ STRUKTURA .....</b>	<b>25</b>
5.1	HIERARCHICKÝ FUNKČNÍ STROM .....	25
5.2	BLOKOVÉ SCHÉMA .....	26

<b>6</b>	<b>ORGANOVÁ STRUKTURA .....</b>	<b>27</b>
6.1	MORFOLOGICKÁ MATICE .....	27
6.2	VYBRANÉ VARIANTY .....	28
6.3	VYHODNOCENÍ VARIANT .....	29
6.3.1	<i>Hodnocení funkcí na základě parametrů .....</i>	<i>29</i>
6.3.2	<i>Celkové vyhodnocení jednotlivých variant .....</i>	<i>30</i>
<b>7</b>	<b>HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA.....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>VÝPOČET.....</b>	<b>32</b>
8.1	KONTROLA KLOPNÉHO MOMENTU NA OCHRANNÉ STĚNĚ.....	32
8.2	VOLBA MOTORU .....	44
8.3	KONTROLA LOŽISKA.....	44
<b>9</b>	<b>ČISTÁ STAVEBNÍ STRUKTURA.....</b>	<b>46</b>
9.1	ČISTÁ STAVEBNÍ STRUKTURA OTOČNÉHO STOLU.....	46
9.2	ZÁKLADOVÁ DESKA OTOČNÉHO STOLU .....	47
9.3	NOSNÁ KONSTRUKCE OTOČNÉHO STOLU .....	48
9.3.1	<i>Ustavení svařovacího přípravku .....</i>	<i>49</i>
9.3.2	<i>Rozložení svařovacích přípravků .....</i>	<i>50</i>
9.4	OCHRANNÁ STĚNA OTOČNÉHO STOLU .....	51
9.5	UMÍSTĚNÍ SNÍMAČŮ OTOČNÉHO STOLU .....	52
9.5.1	<i>Bezpečnostní snímač.....</i>	<i>53</i>
9.5.2	<i>Indukční snímač.....</i>	<i>54</i>
9.5.3	<i>Snímač polohy .....</i>	<i>55</i>
9.6	POLOHY OTOČNÉHO STOLU .....	56
9.7	OTOČNÝ STŮL SE SVAŘOVACÍM PŘÍPRAVKEM .....	58
<b>10</b>	<b>PEVNOSTNÍ ANALÝZA .....</b>	<b>59</b>
10.1	ZVOLENÍ SÍTĚ .....	59
10.2	VOLBA ZATĚŽUJÍCÍCH SIL .....	60
10.3	VÝSLEDNÁ DEFORMACE .....	62
10.4	VÝSLEDNÉ NAPĚTÍ.....	63
<b>11</b>	<b>SESTAVENÍ OTOČNÉHO STOLU .....</b>	<b>64</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>66</b>



11.1.1	<i>Knihy a časopisy .....</i>	66
11.1.2	<i>Normy.....</i>	66
11.1.3	<i>Internetové zdroje .....</i>	66
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>68</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>70</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Symbol	Význam	Jednotka
$v$	relativní rychlost	$[m \cdot s^{-1}]$
$\omega$	úhlová rychlost	$[rad \cdot s^{-1}]$
$r_T$	poloměr těžiště	$[mm]$
$\pi$	konstanta	$[-]$
$T$	perioda otočení o $360^\circ$	$[s]$
$T$	čas otočení o $180^\circ$	$[s]$
$r_1$	poloměr od osy rotace stolu po upevnění ochranné stěny	$[m]$
$r_2$	poloměr od upevnění ochranné stěny po těžiště	$[m]$
$a$	zrychlení těžiště	$m \cdot s^{-2}$
$\alpha$	úhlové zrychlení	$rad \cdot s^{-2}$
$t_{zr}$	doba zrychlování	$[s]$
$F_{od}$	odstředivá síla	$[N]$
$m$	hmotnost skla a rámu	$[m]$
$R_x$	poloměr těžiště v ose x	$[m]$
$R_y$	poloměr těžiště v ose y	$[m]$
$F_G$	gravitační síla	$[N]$
$g$	gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$F_s$	setrvačná síla	$[N]$
$F_v$	výsledná síla	$[N]$
$M_{kl}$	klopný moment	$[N]$
$p$	hodnota otlačení šroubů	$[MPa]$
$i$	počet šroubů	$[-]$

$d_3$	malý průměr závitu	[mm]
$d_2$	střední průměr závitu	[mm]
$D$	velký průměr závitu	[mm]
$\tau$	ohybové napětí	[MPa]
$M_k$	krouticí moment	[N · mm]
$k$	součinitel utahovacího momentu	[ - ]
$F'$	posouvající síla	[N]
$F''$	deformace momentem	[N]
$F_s$	síla na šroub	[N]
$\sigma$	napětí v tahu / tlaku	[MPa]
$k$	bezpečnost šroubů	[ - ]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$C$	základní dynamická únosnost	[N]
$C_0$	základní statická únosnost	[N]
$F_R$	radiální síla	[N]
$H$	výška ložiska	[mm]
$S_0$	statická bezpečnost	[ - ]

# 1 ÚVOD

V současné době se setkáváme s mnoha druhy otočných stolů. Tato zařízení se používají v mnoha odvětvích technické praxe. Otočné stoly slouží k usnadnění, urychlení a zpřesnění práce obráběcích center, či výrobních linek. Otočný stůl přidává danému zařízení další říditelné osy a tím rozšiřuje jeho možnosti.

V praxi se využívá široké spektrum otočných stolů. Hlavním rozdílem je počet říditelných os a způsob použití, buďto otočný stůl slouží jako přídatný mechanismus obráběcího centra, nebo zda se jedná o externí zařízení, či zařízení linek.

Mým úkolem je navrhnout otočný stůl, pro dva svařovací přípravky o velikosti upínací desky 2000x1000mm a celkové nosnosti stolu 2000kg.

Cílem mé práce je analyzovat problém, blíže se s ním seznámit a následně navrhnout alespoň dvě možná řešení, která budou odpovídat mému zadání. Poté nejvhodnější variantu zpracovat do úplné stavební struktury s vytvořením výkresové dokumentace.

V práci jsem postupoval dle metodiky konstruování [I]

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Otočný stůl [1]

Otočné stoly jsou externí stroje, které se používají ve výrobním procesu z důvodu rozšíření možností pracovního zařízení, nebo urychlení a usnadnění procesů u výrobních linek. Rozšíření spočívá především v přidání dalších říditelných os daného zařízení. [1]



Obrázek 1- Otočný stůl HMGI-631 [23]

Jednoduché otočné stoly, viz *Obr 1- Otočný stůl HMGI-631* s jednou říditelnou rotační osou. Jedná se o tzv. osu C. Přidáním této osy, můžeme obrábět součást z více stran na jedno upnutí obrobku. To zvyšuje přesnost výroby, neboť odpadají nepřesnosti při opětovném upínání. Také se zkracují strojní časy, kdy odpadá manipulace s obrobkem z důvodu obrábění další z jeho stran. [1] [23]

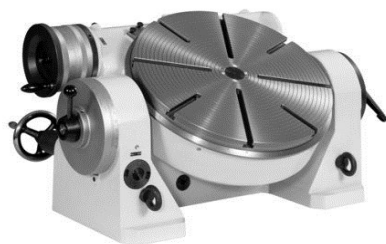
Otočné stoly se nejčastěji používají u obráběcích stojů, jako jsou vyvrtávačky, frézky, nebo multifukční obráběcí centra. Otočné stoly mohou být také součástí automatických linek pro změnu orientace obrobku, nebo také součástí svařovacích robotických pracovišť. [1]

Pro pokročilejší rozšíření pracovních možností stroje jsou přidávány další říditelné osy. U těžkých otočných stolů, pro obrábění rozměrných a těžkých obrobků, to bývá nejčastěji lineární posuvová osa kolmá na rotační osu stolu. *Obr. 2 – těžký otočný stůl FIBROMAX s posuvnou osou.* [1] [24]



Obrázek 2 - Těžký otočný stůl FIBROMAX s posuvnou osou [24]

Pro lehčí otočné stoly můžeme provést rozšíření jak o posuvovou, tak rotační osu, *Obr 3 – Naklápěcí otočný stůl HPRS.* Speciální otočné stoly nám pak umožní přidání dalších říditelných os, *Obr 4 – Naklápěcí těžký otočný stůl FIBROMAX.* [1]



Obrázek 4 - Naklápěcí otočný stůl HPRS [24]

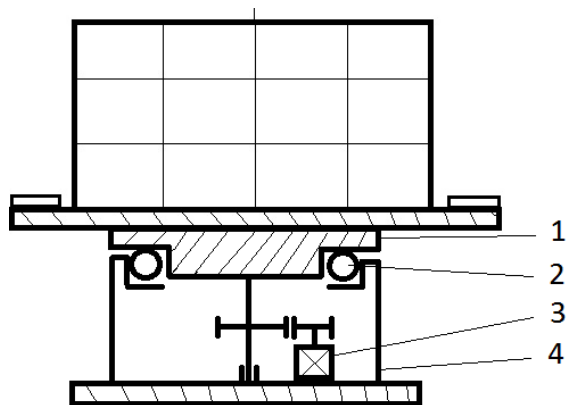


Obrázek 3 - Naklápěcí těžký otočný stůl FIBROMAX [1]



## 2.2 Schéma otočného stolu [1]

Na Obr. 12 – Schéma otočného stolu je zobrazeno jednoduché schéma otočného stolu, ktorý se skládá za 4 základných častí. Upínací deska, uložení upínací desky (ložisko), pohon otočného stolu a rám. Dále z dalších částí, jako je systém mazání (převodů, ložiska), odměřování a dalších podpůrných systémů. [1]



Obrázek 5- Schéma otočného stolu [1]

1 – upínací deska otočného stolu

3 – pohon stolu

2 – uložení upínací desky stolu (ložisko)

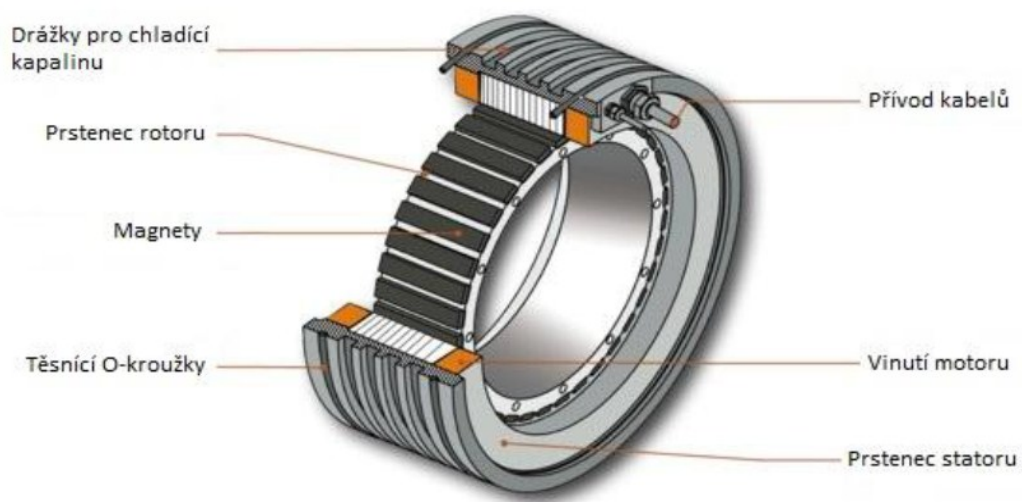
4 – rám otočného stolu

## 2.3 Pohony otočných stolů [2]

Obecně rozdělujeme pohony otočných stolů na pohony přímé a nepřímé. V minulosti se využívaly zejména nepřímé pohony, ale s nástupem přímých pohonů ze speciálních aplikací do aplikací běžných se stala tato řešení daleko levnější a tím atraktivnější. [2]

### 2.3.1 Přímý pohon [2]

Přímé spojení zátěže a rotoru odstraňuje nutnost mechanických převodových prvků, jako jsou převodovky, zubové řemeny, reduktory a šnekové převody. A na rozdíl od kartáčových motorů zde není žádný přímý kontakt mezi rotorem a statorem a tak ani žádné mechanické opotřebení. Celkově disponuje vynikající spolehlivostí a dlouhou životností. Méně mechanických součástí snižuje nároky na údržbu i cenu zařízení. Technika přímého pohonu, jejíž podstatou je momentový motor, vede k bezpřevodové sestavě s vysokou účinností. [2]



Obrázek 6- Schéma momentového pohonu[3]

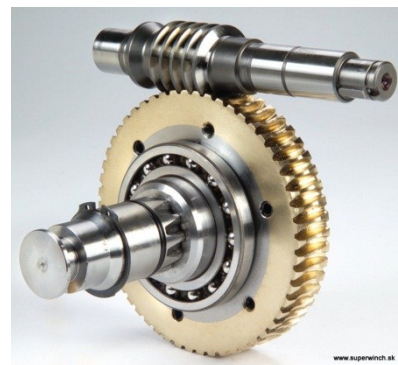
### 2.3.2 Nepřímý pohon [2]

Nepřímým pohonem otočného stolu je myšlena kombinace elektromotoru, například se šnekovou převodovkou, nebo s převodem ozubenými koly. Nepřímé pohony zvyšují tření, tudíž dochází k většímu opotřebení a také se zvyšují nároky na údržbu. Hlavní výhodou nepřímých pohonů jsou nižší pořizovací náklady. Využití nacházejí zejména u pohonů těžkých otočných stolů. [2]

## 2.4 Převodová ústrojí nepřímých pohonů

### 2.4.1 Šnekový převod s přímým ozubením[4]

Řešení převodového mechanismu pomocí šneku a šnekového kola (obr. 6) je nejpoužívanější. Šnekový převod zajišťuje dobrou přesnost polohování: pro stoly o průměru 100-500mm dosahují výrobci přesnosti  $\pm 20$  úhlových vteřin. V provozu toto řešení zajišťuje dlouhotrvající bezporuchový chod. Problém nastává při nehodě, kdy je vzniklý ráz přenesen na relativně malou plochu několika zubů, čímž může dojít k trvalé deformaci převodu. [4]



Obrázek 7- Šnekový převod s přímým ozubením [7]

### 2.4.2 Šnekový převod s globoidním ozubením [4] [8]

Šnekový převod realizovaný globoidním ozubením (obr.6) má větší trvanlivost a menší náchylnost k poškození v případě kolize. Tyto vlastnosti jsou zajištěny mnohem větší stykovou plochou mezi šnekem a šnekovým kolem. Ta však zvyšuje požadovaný krouticí moment k pootočení desky stolu. Další nevýhodou je, že k dosažení požadované přesnosti mechanismu je třeba dodatečných technologických postupů jako lapování, což má za následek vyšší cenu výsledného produktu. [4] [8]



Obrázek 8- Šnekový převod s globoidním ozubením [8]

### 2.4.3 Mechanismus s kuličkovým šroubem [9] [10]

Převod u otočného stolu je možné vytvořit také kuličkovým šroubem (Obr. 9). Kuličkový šroub má v porovnání s běžnými kluznými posuvnými šrouby výrazně vyšší účinnost a nižší potřebný točivý moment, což šetří energii hnacího motoru. Je používán z důvodu rychlosti, tuhosti, vysoké přesnosti a bezúdržbového provozu.

Kuličkový šroub riziko poškozením šneku při kolizi, protože vždy je alespoň 85% kuliček v neustálém kontaktu se šroubem, náraz tedy působí na větší plochu, čímž se zmenšuje poškození.

Otočné stoly této koncepce nejsou běžně vyráběny, avšak jedná se pouze o individuální zakázky. [9] [10]



Obrázek 9-Převod kuličkovým šroubem [9]

## 2.5 Upínací deska otočného stolu [11]

Upínací deska slouží jako základna pro montážní nebo upínací přípravky. Pomáhá efektivně využít potenciál stroje nebo obráběcího centra. V nabídce jsou nejen klasické rovinné desky, ale i desky svislé, ve tvaru úhelníku (jednostranného nebo oboustranného), hranolu, či upínací desky kruhové.

Nejčastěji používané jsou systémy s T-drážkami nebo systémy s otvory. Předpokládá se jejich další osazení různými upínacími prvky. Ke kombinaci upínacích systémů s T-drážkou a upínacích systémů s otvory slouží přechodové prvky.

Kruhové upínací desky mají upínací drážky nejčastěji vedeny od okraje k ose otáčení stolu. U nekruhových upínacích desek jsou drážky nejčastěji rovnoběžné s některou hranou stolu.

Upínací desky menších rozměrů jsou kovány, nebo odlévány jako celek, větší upínací desky jsou řešeny jako žebrovaný svařenec, nebo odlitek z důvodu snížení jejich hmotnosti. Rozměry upínacích desek se pohybují od několika stovek milimetrů po několik metrů. [11]



Obrázek 10 - Upínací deska [12]

## 2.6 Ložiska otočných stolů [14]

Na ložiska otočných stolů jsou kladeny vysoké nároky zejména na únosnost, axiální tuhost a nízké tření. [14]

### 2.6.1 Axiální kuličková ložiska s kosoúhlým stykem [13] [14]

Na rozdíl od běžných axiálních kuličkových ložisek tato ložiska s kosoúhlým stykem mohou přenášet kromě axiálních zatížení i radiální zatížení a jsou vhodná také pro vysoké otáčky. Mohou být jednosměrná, nebo obousměrná, kde obousměrná mohou přenášet axiální zatížení působící v obou směrech. Nejsou vhodná pro velké otočné stoly z důvodu nižší únosnosti. [13][14]



Obrázek 11 Axiální kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem [13]

### 2.6.2 Axiálně radiální válečkové ložisko [13]

Axiálně radiální válečkové ložisko se vyznačuje velmi nízkým a konstantním třecím momentem a zvýšením klopné tuhosti ložiska. Výrazné snížení třecích momentů vede k zlepšení tepelné bilance ložiska, což má pozitivní vliv na zlepšení přesnosti



Obrázek 12 – Axiálně radiální válečkové ložisko [13]

celé strojní skupiny.

Tato ložiska představují ideální řešení uložení vysoce dynamických otočných os s ohledem na efektivní využití výkonového potenciálu přímých pohonů. [13]

### 2.6.3 Ložiska se zkříženými válečky [15] [16]

Ložiska se zkříženými osami válečků jsou používána v uloženích, kde je nutno zachytit radiální i axiální zatížení a případně též klopný moment. Jsou vhodná pro aplikace vyžadující vysokou přesnost při velkých zatíženích. Ložiska mohou být dodávána s děleným vnitřním nebo vnějším kroužkem, v plno-válečkovém provedení nebo s klecí či samostatnými separátory. Ložiska v plno-válečkovém provedení mají vyšší únosnost, lze je však provozovat při nižších otáčkách než ložiska s klecí či separátory. [15] [16]



Obrázek 13 - Ložisko se zkříženými válečky [14]

## 2.7 Odměřovací rotační snímače [17] [18]

Rotační snímače dělíme podle provedení na optické a magnetické. Podle způsobu odměřování rozeznáváme inkrementální (přírůstkové) a absolutní.

V inkrementálním systému se přičítají nebo odečítají počty impulsů odpovídající optickým snímačem načteným čárkám na pravítku nebo clonovém kotoučku. Jejich počet odpovídá velikosti dráhy mezi dvěma polohami. Problémem inkrementálního odměřovacího systému je, že stroj musí po zapnutí vždy najet nejprve na referenční značku, aby nastavil nuly v odměřování polohy v jednotlivých osách.

Při absolutním odměřování se používají kódová pravítka a kódové (kotoučky) úhlověry, které jsou snímány více snímači. Kombinace tmavých a průhledných míst je kódem čísla, které udává souřadnici tj. absolutní polohu. Po zapnutí stroje zná řídicí systém přesně polohu suportů, resp. nástroje, aniž by musel najíždět do referenčních poloh. [17] [18]



### 2.7.1 Optické rotační snímače [19]

Rotační snímač je složen z nerezového prstence, na kterém je umístěno měřítko, a měřicí hlavice uchycené na pevnou konstrukci.

Jedním z nejznámějších výrobců optických úhlových snímačů je firma Renishaw, která zaručuje provedení snímačů s přesností  $\pm 1$  úhlová sekunda, rozlišením 0,00075 úhlové sekundy a otáčkami až 36 000 ot./min. Optické snímače jsou citlivé na znečištění měřítka. Výhodou těchto snímačů je snadná montáž. [19]



Obrázek 14 - Úhlový snímač  
SIGNUM [19]

### 2.7.2 Magnetické rotační snímače [20] [21]

Pracují na principu Hallova jevu. Snímač se skládá z magnetického budiče a odděleného tělesa snímače. Otáčení rotoru je snímáno speciálním čipem uvnitř pláště snímače, kde je zpracováno na požadovaný typ výstupního signálu.



Obrázek 15- Magnetický  
modulární snímač ERM [21]

Magnetické snímače firmy Heidenhain pracují s přesností  $\pm 5$  úhlových sekund. Jsou odolné vůči nečistotám, ale vytváří magnetické pole, které může být ovlivněno okolím. [20] [21]

### 2.7.3 Indukční rotační snímače [22]

Aktivním prvkem indukčního snímače je cívka navinutá na feritovém jádru. V střídavý proud generovaný oscilátorem protéká cívkou a vytváří v jejím okolí magnetické pole. Jestliže umístíme do tohoto pole předmět z elektricky vodivého materiálu, jsou v něm indukovány vířivé proudy. Změna pole vlivem vířivých proudů působí zpětně na cívku tak, že změní její impedanci. Tato změna je vyhodnocena elektronikou senzoru a po následném zesílení převedena na výstupní signál. [22]



Obrázek 16 - Indukční snímač [21]

### **3 SEZNAM POŽADAVKŮ**

#### **3.1 Kritéria pro výběr konkrétního řešení**

##### Požadavky na otočný stůl

- Snadná montáž po přepravě otočného stolu
- Snadná příprava otočného stolu k procesu
- Rychlá obsluha
- Snímání natočení otočného stolu
- Přesné natočení otočného stolu
- Snadné upnutí svařovacího přípravku
- Brzdění otočného stolu v požadované poloze
- Přesné upnutí automobilového dílu
- Snímání polohy automobilového dílu
- Bezpečné oddělení pracovní část stolu
- Přívod energie

#### **3.2 Specifikace požadavků**

Navrhnout konstrukční řešení otočného stolu pro dva svařovací přípravky robotizovaného pracoviště. Rozměry pracovní desky otočného stolu 2000mm x 1000mm. Zajistit přesné natáčení a brzdění otočného stolu v požadované poloze. Zajistit snadné upnutí svařovacích přípravků. Otočný stůl bude poháněn pomocí elektrického pohonu.

Ve středu stolu bude umístěna ochranná stěna, aby nedošlo k poškození dílů a také aby došlo k bezpečnému oddělení pracoviště a okolního prostředí.

### 3.3 Požadavkový list

Specifikace požadavku: FUNKCE, ÚČINKY A FUNKČNÍ PARAMETRY	Podmínka
<u>Proces otočného stolu:</u>	
Poloha otočného stolu: vodorovná	X
Otáčení stolu: pomocí elektromotoru	X
Snadné upnutí svařovacího přípravku	X
Snímání přesné polohy otočného stolu	X
Snadné ustavení automobilových dílů před svařením	
Přístupnost: snadná přístupnost k ustavenému dílu	X
Snadné vyjmutí automobilových dílů po svaření	X
Bezpečné ustavení dílu v každé poloze	X
<u>Ustavený díl automobilu</u>	
Materiál: díly automobilu	
Tvar: velmi rozdílný	
Velikost: max. cca 1000 mm x 2000mm	
Hmotnost dílu: max. 200kg	
Teplota: pokojová, při svařování zvýšená	
<u>Provoz</u>	
Prostředí: provozní	
Četnost použití: časté	
Požadovaná životnost: minimálně 5let	X
Údržba: -minimální	X
-žádná	
<u>Ergonomie</u>	
Vysoká stabilita	X

Bezpečné ustavení dílu	X
Jednoduché, bezpečné odebírání dílu automobilu	X
Bezpečnost proti poranění	X
<u>Vzhled</u>	
Uspokojivé tvary	
Povrch: -necitlivý k poškození	
-vhodný k čištění	X
-barevně nenápadný	
<u>Distribuce a manipulace</u>	
Minimální skladovací prostor	
Přemisťování: -ručně	
-s pomocí jeřábu	X
<u>Předpisy a normy</u>	
Bez porušení patentových práv	X
Nejsou zvláštní předpisy a normy	
<u>Výroba</u>	
Malé série	
<u>Ekonomie</u>	
Konstrukční výrobek	X
Minimální náklady na provoz	X

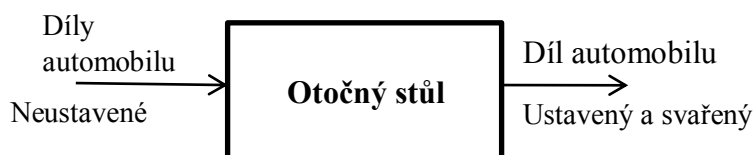
Tabulka 1-Požadavkový list [I]

### 3.4 Funkce technického systému

- Zajistit bezpečné otočení stolu
- Zajistit snadné upnutí svařovacího přípravku
- Zajistit snímání polohy stolu
- Zajistit snadné upnutí automobilových dílů
- Zajistit snímání polohy automobilového dílu
- Zajistit zastavení stolu v požadované poloze
- Zajistit správné svaření automobilových dílů
- Zajistit jednoduché vyjmutí svařeného dílu
- Zajistit bezpečné oddělení pracovní části stolu
- Zajistit bezpečnost pracoviště
- Zajistit přívod energie

### 3.5 Transformační proces

Na obrázku je schéma černé skříňky, která znázorňuje počáteční a koncový stav procesu transformace.



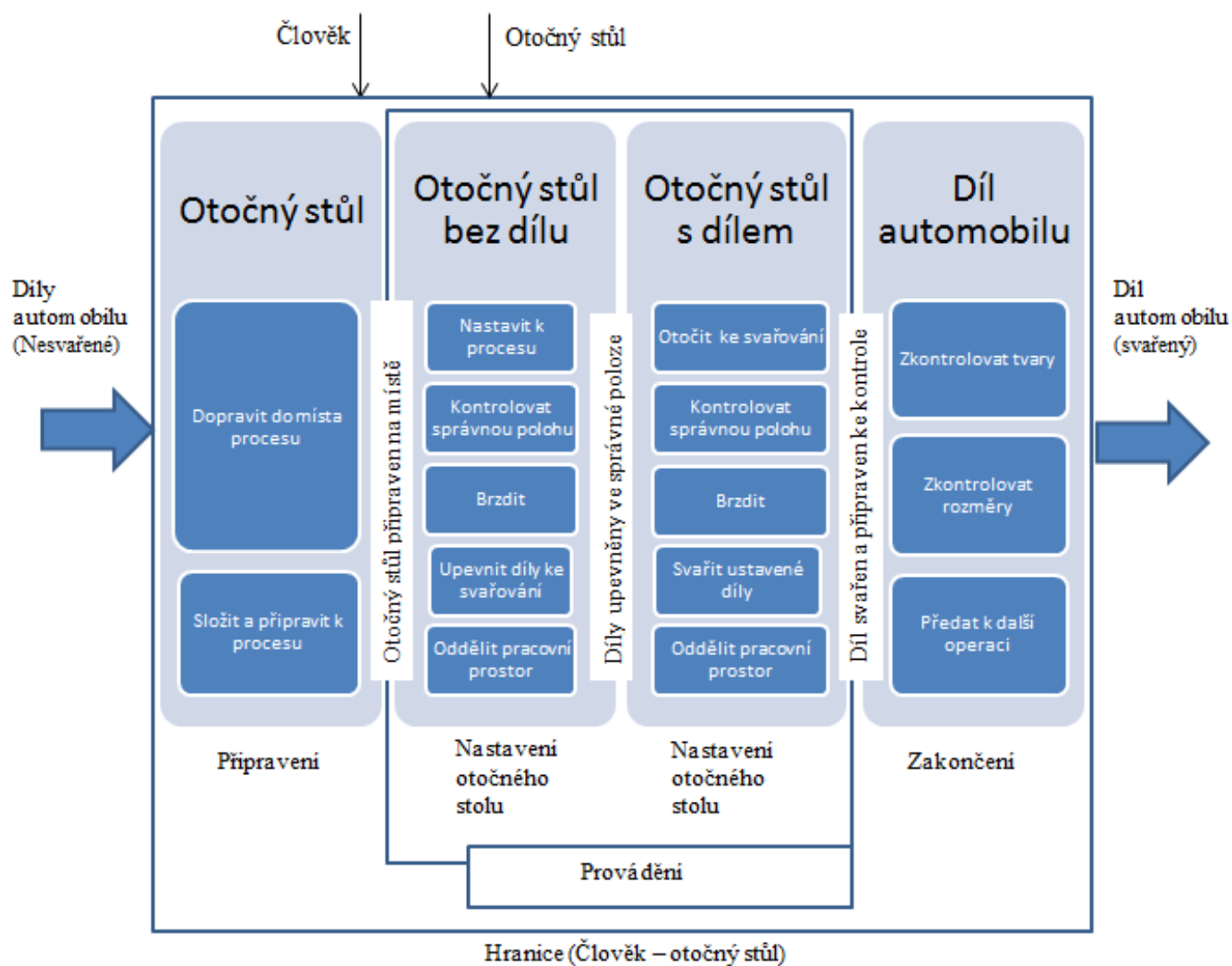
Obrázek 17-Černá skříňka [1]

### 3.6 Technologie

Na otočný stůl do svařovacích přípravků umístíme jednotlivé díly automobilu, zajistíme je a stůl otočíme pomocí elektromotoru o 180 stupňů a zabrzdíme v požadované poloze, která bude hlídána pomocí snímačů. Po otočení ustavených dílů dojde k jejich svaření v konečný díl. Svařený díl je otočen zpět do výchozí polohy, odkud je odebrán a předán k další operaci.



## 4 TECHNICKÝ PROCES (POUZE HLAVNÍ TOK)

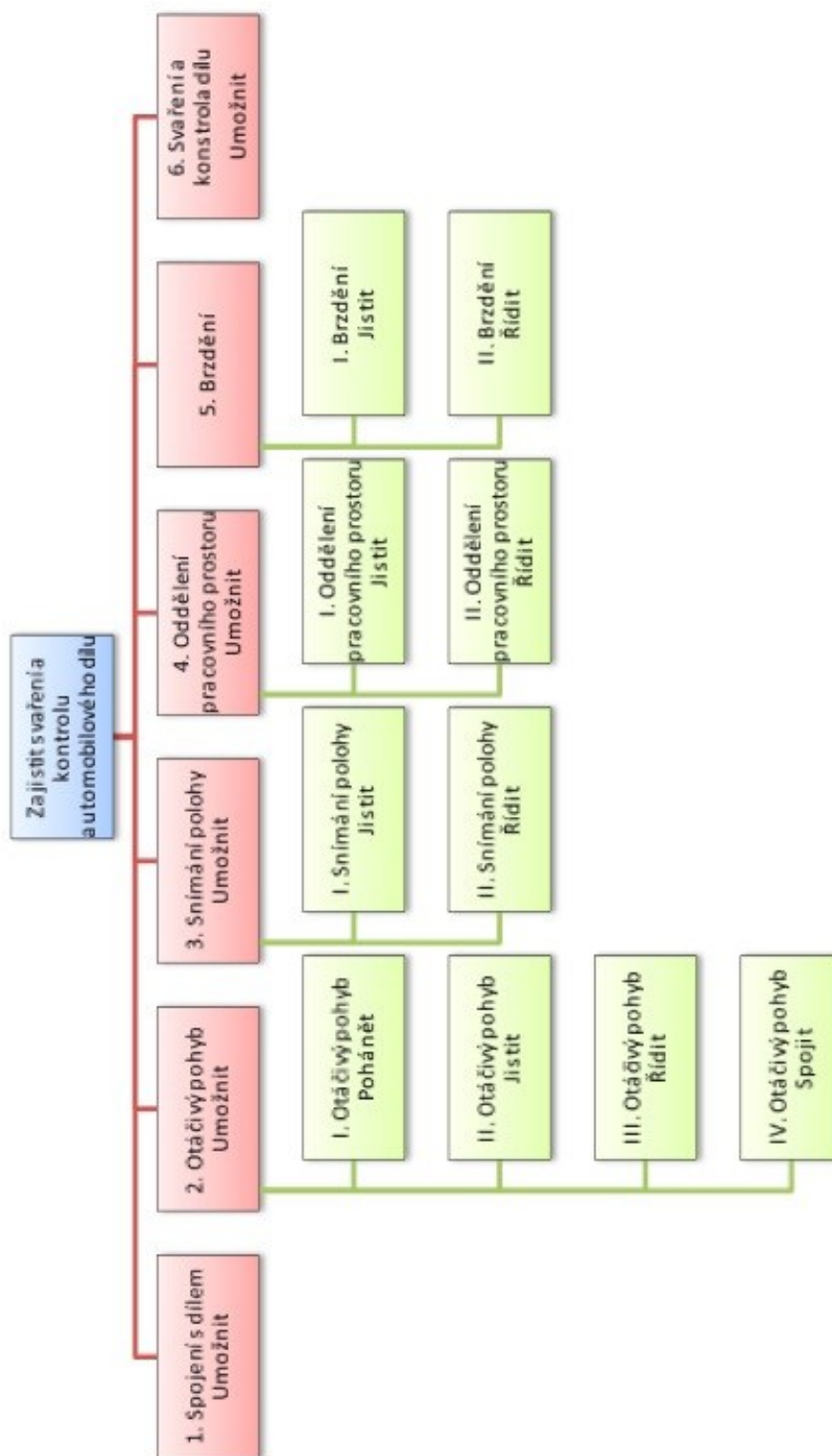


Obrázek 18-Technický proces (blokové schéma [1])

## 5 FUNKČNÍ STRUKTURA

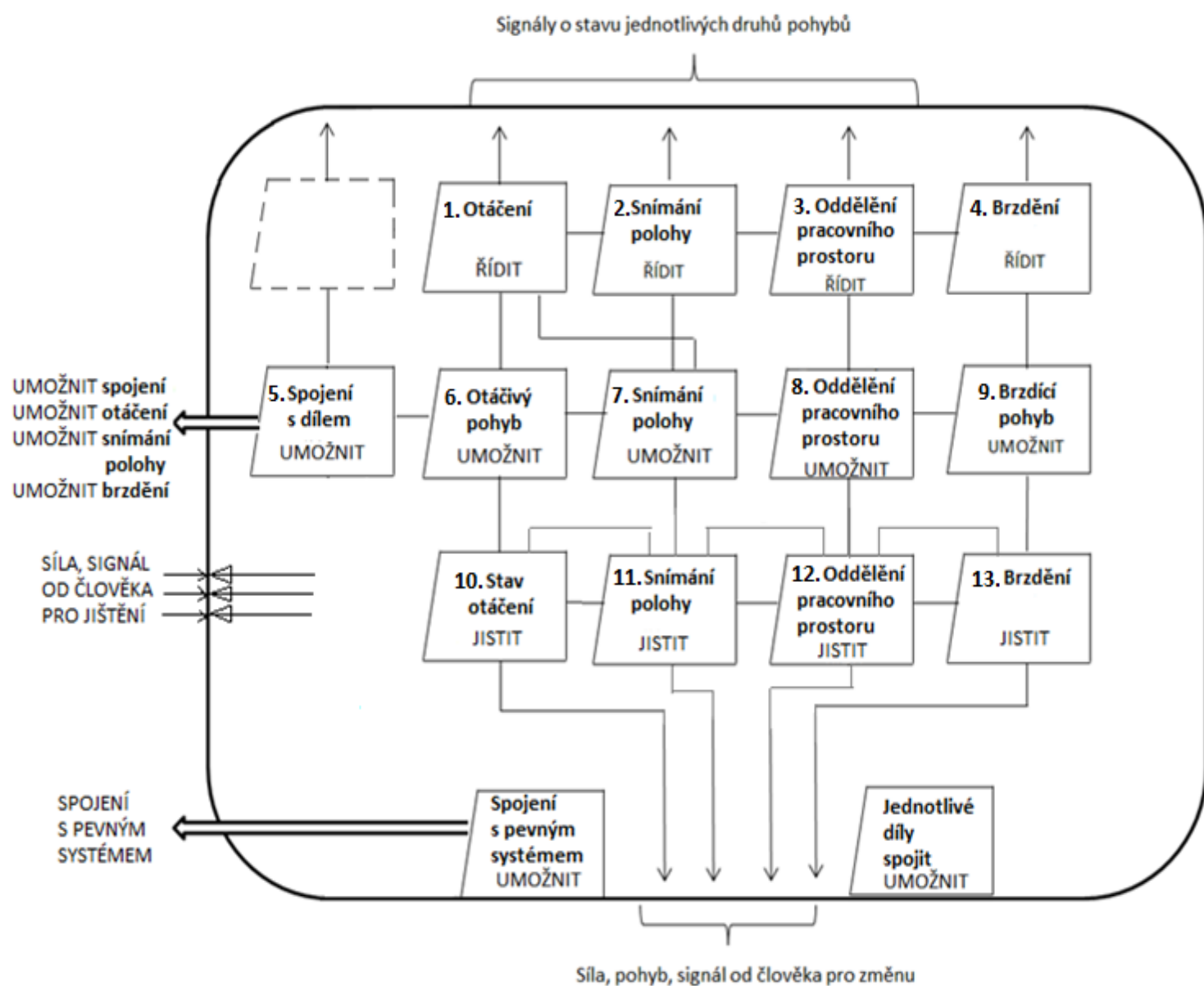
Funkční struktura vyjadřuje optimální soustavu funkcí technického systému. Zobrazuje technický systém pomocí účelových funkcí. [1]

### 5.1 Hierarchický funkční strom



Obrázek 19 – Funkční struktura - Hierarchický funkční strom [1]

## 5.2 Blokové schéma



Obrázek 20-Blokové schéma [1]

## 6 ORGANOVÁ STRUKTURA

Orgánová struktura přiřazuje jednotlivé funkční orgány – nositele funkcí, z nichž vybereme nejvhodnější varianty způsobu zajištění funkce [I]

### 6.1 Morfologická matice

Dílčí funkce		Orgány nositelé funkcí				
		1.	2.	3.	4.	5.
1.	Ustavení pracovních dílů	Ručně	Strojně			
2.	Zajištění pracovního dílu	Přísavky	Mechanicky	Pneumaticky	Hydraulicky	
3.	Otáčení stolu	Ručně	Elektromotor			
4.	Upevnění pohonu stolu	Mimo stojan stolu	Součást stojanu	Žádný		
5.	Brzdění otočného stolu	Funkce elektromotoru	Magnetická brzda	Pneumatická brzda	Hydraulická brzda	Hitrhovo ozubení
6.	Snímání polohy stolu	Snímač polohy s <u>aktuátorem</u>	Optický rotační snímač	Magnetický rotační snímač		
7.	Snímání polohy dílu	Optický snímač	Odporový snímač			
8.	Bezpečnostní snímač	Koncový snímač				
9.	Oddělení pracovního prostoru	Stěna otočného stolu				
10.	Ložiska otočného stolu	Axiální kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem	Axiálně radiální válečkové ložisko	Axiální jehlové klece s axiálními kroužky	Ložisko s integrovaným úhlovým odměřováním	

Tabulka 2-Morfologická matice [I]

Řešení A

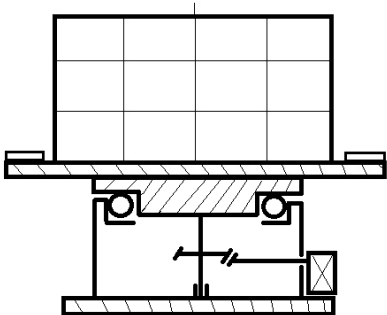
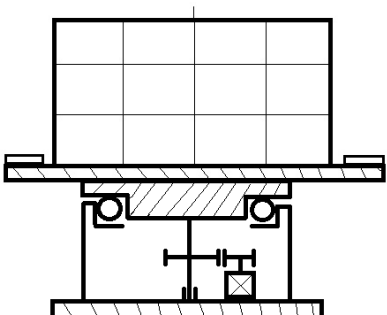


Řešení B



## 6.2 Vybrané varianty

Vybrali jsme 2 varianty řešení, které jsou pro lepší přehled uvedeny v tabulce.

Varianta A		Varianta B	
			
-	Funkce	Varianta A	Varianta B
1.	Ustavení pracovních dílů	1. Ručně	2. Strojně
2.	Zajištění pracovního dílu	2. Mechanicky	3. Pneumaticky
3.	Otáčení stolu	2. Elektromotor	2. Elektromotor
4.	Upevnění pohonu stolu	1. Mimo stojan	2. Součást stojanu
5.	Brzdění otočného stolu	1. Funkce elektromotoru	1. Funkce elektromotoru
6.	Snímání polohy stolu	1. Snímač polohy s aktuátorem	2. Optický rotační snímač
7.	Snímání polohy dílu	1. Optický snímač	1. Optický snímač
8.	Bezpečnostní snímač	1. Koncový snímač	1. Koncový snímač
9.	Oddělení pracovního prostoru	1. Stěna otočného stolu	1. Stěna otočného stolu
10.	Ložiska otočného stolu	2. Axiálně radiální válečkové ložisko	1. Axiální kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem

Tabulka 3-Vybrané varianty [1]



## 6.3 Vyhodnocení variant

Vybrané varianty hodnotíme podle přínosu pro budoucí fungování přístroje. Hodnocení jednotlivých funkcí na základě těchto kritérií:

### 6.3.1 Hodnocení funkcí na základě parametrů

Příklady hodnocení funkcí:

Ustavení pracovních dílů		
Ručně	Parametry hodnocení	Strojně
I	Životnost	
	Přesnost	I
I	Cena	
	Rychlost	I
	Bezpečnost	I
I	Snadná montáž	
I	Hmotnost	
	Ergonomie	I
	Design	I
I	Údržba	
5	Výsledek	5

Tabulka 5-Hodnocení ustavení pracovních dílů

Zajištění pracovního dílu		
Mechanicky	Parametry hodnocení	Pneumaticky
I	Životnost	
	Přesnost	I
I	Cena	
	Rychlost	I
	Bezpečnost	I
I	Snadná montáž	
I	Hmotnost	
	Ergonomie	I
	Design	I
I	Údržba	
5	Výsledek	5

Tabulka 4-Hodnocení zajištění pracovního dílu

Upevnění pohonu stolu		
Mimo stojan	Parametry hodnocení	Součást stojanu
	Životnost	I
I	Přesnost	
I	Cena	
I	Rychlost	
	Bezpečnost	I
I	Snadná montáž	
I	Hmotnost	
	Ergonomie	I
	Design	I
I	Údržba	
6	Výsledek	5

Tabulka 7-Hodnocení upevnění pohonu

Snímání polohy stolu		
Snímač polohy s aktuátorem	Parametry hodnocení	Optický snímač
I	Životnost	
I	Přesnost	
I	Cena	
I	Rychlost	
I	Bezpečnost	
I	Snadná montáž	
I	Hmotnost	
	Ergonomie	I
	Design	I
I	Údržba	
8	Výsledek	2

Tabulka 6-Hodnocení snímání polohy stolu

### 6.3.2 Celkové vyhodnocení jednotlivých variant

Udělení známek v tabulce na základě předchozího hodnocení funkcí.

x	Funkce	Hodnocení	
		Varianta A	- Varianta B
<b>Kombinace orgánů - nositelů funkcí</b>	1. Ustavení pracovních dílů	1	2
	2. Zajištění pracovního dílu	2	2
	3. Otáčení stolu	1	1
	4. Upevnění pohonu stolu	1	3
	5. Brzdění otočného stolu	1	1
	6. Snímání polohy stolu	2	2
	7. Snímání polohy dílu	2	2
	8. Bezpečnostní snímač	1	1
	9. Oddělení pracovního prostoru	1	1
	10. Ložiska otočného stolu	2	3
<b>Sumace hodnocení</b>		14	18
<b>Celkové pořadí</b>		1.	2.

Tabulka 8-Celkové hodnocení funkcí [1]

#### Kritéria hodnocení:

1 – Nejlepší hodnocení

5 – Nejhorší hodnocení

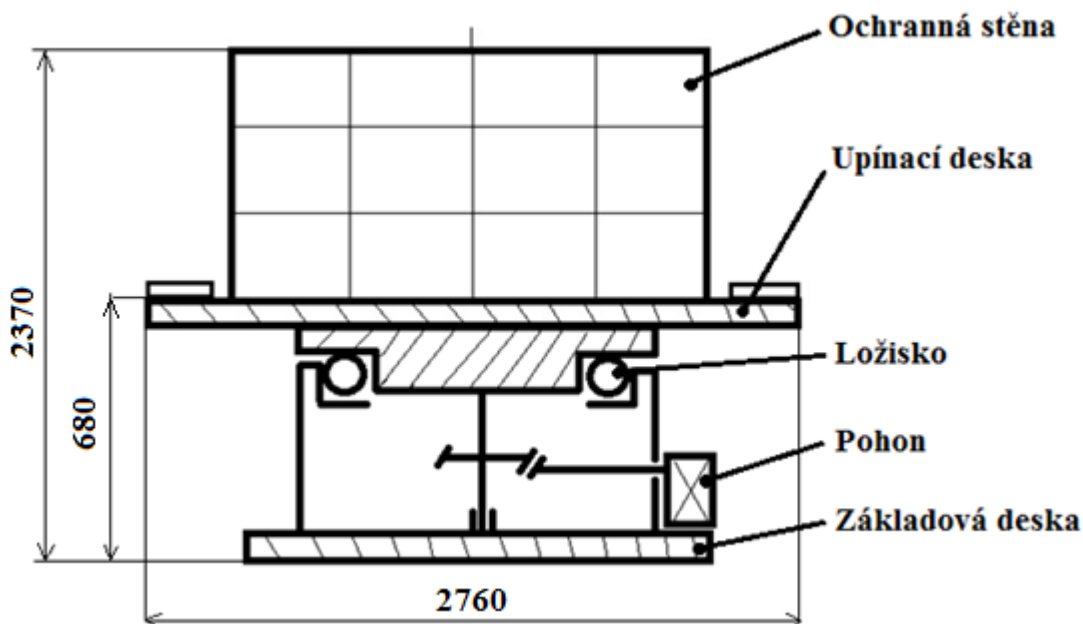
## 7 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

Vybraná varianta spočívá v rozdílném uložení elektromotoru vůči stojanu otočného stolu a vybrání jiných komponentů, jako jsou snímače, nebo ložisko. Dle vyhodnocení funkcí na základě jednotlivých parametrů došlo k vybrání „Varianty A“, kdy elektromotor je uložen mimo stojan stolu a k němu jsou přiřazeny další funkční orgány.

Pro tuto variantu jsem se rozhodl z důvodu četnosti používání otočného stolu, kdy uložení mimo stojan otočného stolu zaručuje snadnější přístup k elektromotoru, a tím pádem snadnější údržbu elektromotoru, či výměnu opotřebovaných, nebo vadných dílů.

Elektromotor bude chráněn před znečištěním nosnou konstrukcí, na kterou pak bude upnutý svařovací přípravek.

Poloha otočného stolu je hlídána pomocí jednotlivých snímačů, které zaručují určení správné polohy. Taktéž je zde umístěn bezpečnostní snímač, který v případě poruchy, nebo nesprávného otočení stolu zaručí bezpečné vypnutí stolu.

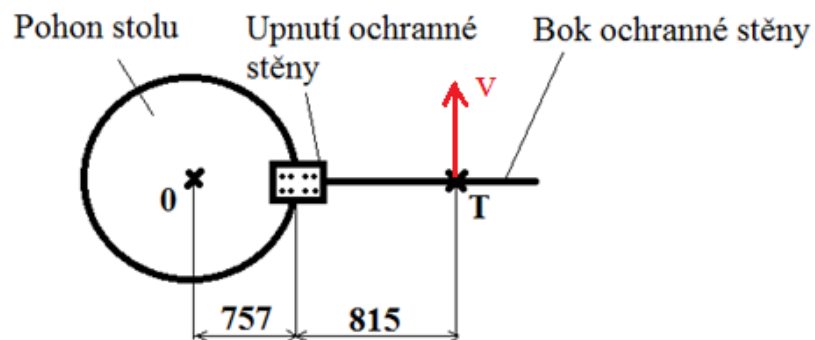


Obrázek 21-Hrubá stavební struktura

## 8 VÝPOČET

### 8.1 Kontrola klopného momentu na ochranné stěně

Schématický nákres pohonu a ochranné stěny



Obrázek 22-Schématický nákres pohonu a ochranné stěny

**Relativní rychlost**

$$v = \omega \cdot r_T \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8.1)$$

$$v = 0,63 \cdot 1,572$$

$$v = 0,99 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:  $v$ ... relativní rychlost

$\omega$ ... úhlová rychlost

$r_T$ ... poloměr těžiště

**Úhlové zrychlení**

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad [\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8.2)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{10}$$

$$\omega = 0,63 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:  $\omega$ ... úhlová rychlost

$\pi$ ... konstanta

$T$ ... perioda otočení o  $360^\circ$

### Rychlost jednoho otočení o 360°

$$T = 2 \cdot t \quad [\text{s}] \quad (8.3)$$

$$T = 2 \cdot 5$$

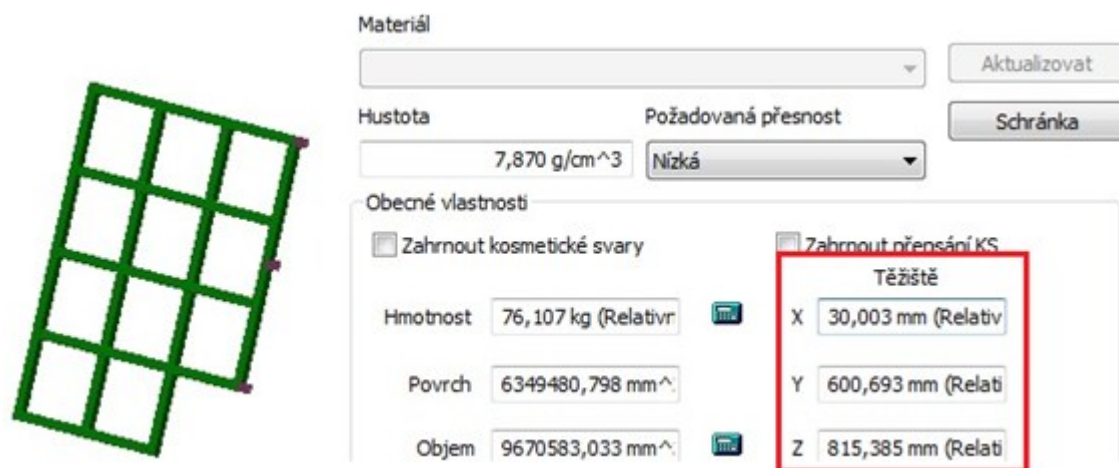
$$T = 10\text{s}$$

kde:  $T$ ...perioda otočení o 360°

$t$ ... čas otočení o 180°

### Poloměr těžiště

Těžiště určeno pomocí Inventoru viz. obr



Obrázek 23-Těžiště boční strany ochranné stěny

$$r_T = r_1 + r_2 \quad [\text{m}] \quad (8.4)$$

$$r_T = 0,757 + 0,815$$

$$r_T = 1,572\text{m}$$

kde:  $r_1$ ...poloměr od osy rotace stolu po upevnění ochranné stěny

$r_2$ ...poloměr od upevnění ochranné stěny po těžiště

### Zrychlení těžiště

$$a = \omega \cdot v + \alpha \cdot r_T \quad [m \cdot s^{-2}] \quad (8.5)$$

$$a = 0,63 \cdot 0,99 + 0,63 \cdot 1,572$$

$$a = 1,614 m \cdot s^{-2}$$

kde:  $a$ ...zrychlení těžiště

$\omega$ ... úhlová rychlost

$v$ ... relativní rychlost

$\alpha$ ... úhlové zrychlení

$r_T$ ... poloměr těžiště

### Úhlové zrychlení

$$\alpha = \frac{\omega}{t_{zr}} \quad [rad \cdot s^{-2}] \quad (8.6)$$

$$\alpha = \frac{0,63}{1}$$

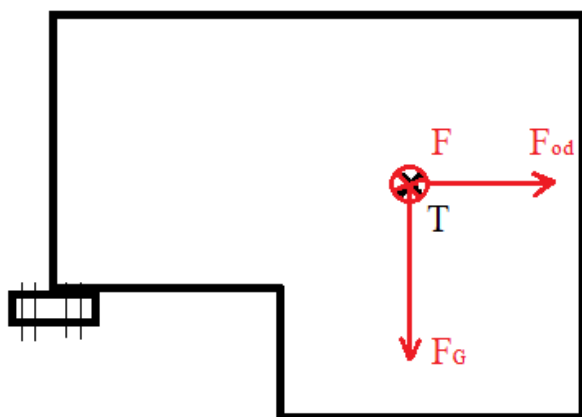
$$\alpha = 0,63 rad \cdot s^{-2}$$

kde:  $\alpha$ ... úhlové zrychlení

$\omega$ ... úhlová rychlost

$t_{zr}$ ... doba zrychlování

## Působení sil



Obrázek 24-Působení sil na bok ochranné stěny

## Odstředivá síla

$$F_{od} = m \cdot a_{od} = m \cdot R \cdot \omega^2 \quad [\text{N}] \quad (8.7)$$

$$F_{od} = 95,9 \cdot 1,013 \cdot 0,63^2$$

$$F_{od} = 38,56 \text{ N}$$

kde:  $F_{od}$ ...odstředivá síla

$m$ ...hmotnost skla a rámu

$R$ ... poloměr těžiště

## Hmotnost skla a rámu

$$m = m_{\text{rám}} + 11 \cdot m_{\text{sklo}} \quad [\text{kg}] \quad (8.8)$$

$$m = 76,1 + 11 \cdot 1,8$$

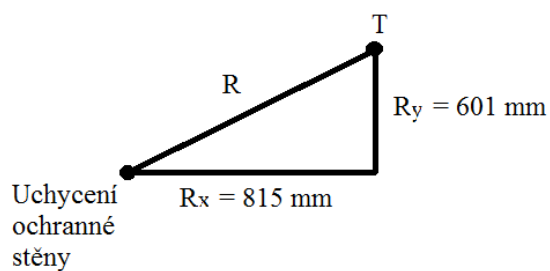
$$m = 95,9 \text{ kg}$$

$m$ ...hmotnost skla a rámu

$m_{\text{rám}}$ ...hmotnost rámu

$m_{\text{sklo}}$ ...hmotnost skla

### Poloměr těžiště



Obrázek 25-Poloměr těžiště

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad [\text{m}] \quad (8.9)$$

$$R = \sqrt{815^2 + 601^2}$$

$$R = 1,013\text{m}$$

kde:  $R$ ...poloměr těžiště

$R_x$ ...poloměr těžiště v ose x

$R_y$ ...poloměr těžiště v ose y

### Gravitační síla

$$F_G = m \cdot g \quad [\text{N}] \quad (8.10)$$

$$F_G = 95,9 \cdot 9,81$$

$$F_G = 940,8\text{N}$$

kde:  $F_G$ ... gravitační síla

$m$ ... hmotnost skla a rámu

$g$ ... gravitační zrychlení

### Setrvačná síla

$$F_s = m \cdot a \quad [\text{N}] \quad (8.11)$$

$$F_s = 95,9 \cdot 1,614$$

$$F_s = 154,78\text{N}$$



kde:  $F_s$ ... setrvačná síla  
 $m$ ... hmotnost skel a rámu  
 $a$ ... zrychlení těžiště

### Výsledná síla

$$F_v = \sqrt{F_{od}^2 + F_G^2 + F_s^2} \quad [\text{N}] \quad (8.12)$$

$$F_v = \sqrt{38,56^2 + 940,8^2 + 154,78^2}$$

$$F_v = 953,3 \text{ N}$$

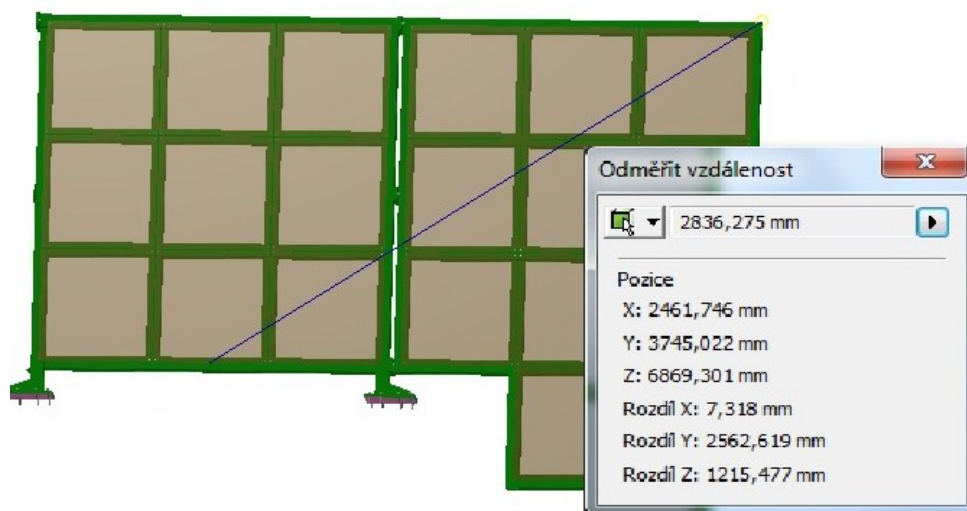
kde:  $F_v$ ... výsledná síla  
 $F_{od}$ ... odstředivá síla  
 $F_G$ ... gravitační síla  
 $F_s$ ... setrvačná síla

### Klopný moment

$$M_{kl} = F_v \cdot R_c \quad [\text{N}] \quad (8.13)$$

$$M_{kl} = 953,3 \cdot 2,836$$

$$M_{kl} = 2703,56 \text{ N}$$



Obrázek 26-Celkový poloměr

kde:  $M_{kl}$ ... klopný moment ochranné stěny

$F_v$ ... výsledná síla

$R_c$ ... celkový poloměr

Klopný moment byl spočten pro maximální hodnotu na největším ramenu ochranné stěny stolu.

### Hodnota otlačení šroubů

$$p = \frac{4 \cdot F_G}{\pi \cdot (d_3 - D) \cdot i} \quad [\text{Mpa}] \quad (8.14)$$

$$p = \frac{4 \cdot 940,8}{\pi \cdot (8,16 - 10)^2 \cdot 8}$$

$$p = 44,23 \text{ MPa}$$

kde:  $p$ ... hodnota otlačení šroubů

$F_G$ ...gravitační síla

$d_3$ ...malý průměr šroubu

$D$ ...velký průměr šroubu

### Ohybové napětí

$$\tau = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot d_3^3} \quad [\text{Mpa}] \quad (8.15)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 1535,39}{\pi \cdot 8,16^3}$$

$$\tau = 14,39 \text{ MPa}$$

kde:  $\tau$ ... ohybové napětí

$M_k$ ...krouticí moment

$d_3$ ... malý průměr závitu

### Krouticí moment

$$M_k = k \cdot F_G \cdot d_3 \quad [\text{N} \cdot \text{mm}] \quad (8.16)$$

$$M_k = 0,2 \cdot 940,8 \cdot 8,16$$

$$M_k = 1535,39 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

kde:  $M_k$ ...krouticí moment

$k$ ... součinitel utahovacího momentu  $k = 0,2$

$F_G$ ... gravitační síla

$d_3$ ... malý průměr závitu

### Posouvající síla

$$F' = \frac{F_G}{i} \quad [\text{N}] \quad (8.17)$$

$$F' = \frac{940,8}{8}$$

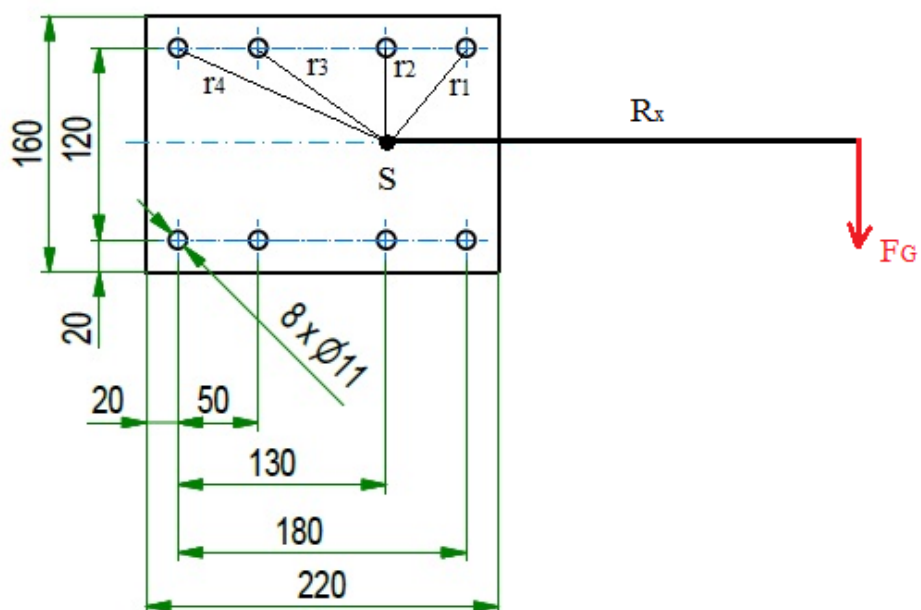
$$F' = 117,6 \text{ N}$$

kde:  $F'$ ... posouvající síla

$F_G$ ... gravitační síla

$i$ ... počet šroubů

## Deformace momentem



Obrázek 27-Poloměry šroubů

$$F'' = \frac{M_o \cdot r}{2 \cdot (r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)} = \frac{F_G \cdot r \cdot r_4}{2 \cdot (r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2)} \quad [\text{N}] \quad (8.18)$$

$$F'' = \frac{940,8 \cdot 815 \cdot 143,2}{2 \cdot (78,1^2 + 60^2 + 100^2 + 143,2^2)}$$

$$F'' = 1365 \text{ N}$$

kde:  $F'$ ... posouvající síla

$F''$ ... deformace momentem

$F_G$ ... gravitační síla

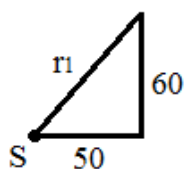
$r$ ... rameno od upnutí stěny po působíště gravitační síly

$r_1$ ... rameno prvního šroubu

$r_2$ ... rameno druhého šroubu

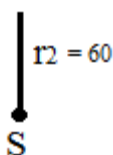
$r_3$ ... rameno třetího šroubu

$r_4$ ... rameno čtvrtého šroubu

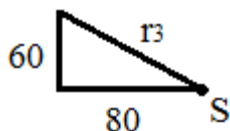


$$r_1 = \sqrt{60^2 + 50^2} \quad [\text{mm}] \quad (8.19)$$

$$r_1 = 78,1 \text{ mm}$$

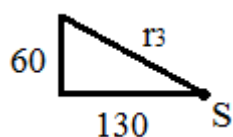


$$r_2 = 60 \text{ mm} \quad [\text{mm}] \quad (8.20)$$



$$r_3 = \sqrt{60^2 + 80^2} \quad [\text{mm}] \quad (8.21)$$

$$r_3 = 100 \text{ mm}$$



$$r_4 = \sqrt{60^2 + 130^2} \quad [\text{mm}] \quad (8.22)$$

$$r_4 = 143,2 \text{ mm}$$

Obrázek 28-Vzdálenosti šroubů

kde:  $r_1$ ... rameno prvního šroubu

$r_2$ ... rameno druhého šroubu

$r_3$ ... rameno třetího šroubu

$r_4$ ... rameno čtvrtého šroubu

### Výsledná síla na šroub

$$F_{\text{š}} = \sqrt{F'^2 + F''^2} \quad [\text{N}] \quad (8.23)$$

$$F_{\text{š}} = \sqrt{117,6^2 + 1365^2}$$

$$F_{\text{š}} = 1361,09 \text{ N}$$

kde:  $F_{\text{š}}$ ... síla na šroub

$F'$ ... posouvající síla

$F''$ ... deformace momentem

### Kontrola lineární úlohy

$$\sigma = \frac{F_s}{S} = \frac{F_s}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad [\text{Mpa}] \quad (8.24)$$

$$\sigma = \frac{1361,09}{\frac{\pi \cdot 8,16^2}{4}}$$

$$\sigma = 26,03 \text{ MPa}$$

kde:  $\sigma$ ... napětí v tahu / tlaku

$F_G$ ... gravitační síla

$d_3$ ... malý průměr závitu

### Bezpečnost

Materiál šroubů 12 060,  $R_e = 345 \text{ MPa}$

$$k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma} = \frac{R_e}{\sigma} \quad [-] \quad (8.25)$$

$$k = \frac{345}{26,03}$$

$$k = 13,25$$

kde:  $R_e$ ... mez kluzu

$\sigma$ ... napětí v tahu / tlaku

$k$ ... bezpečnost

Bezpečnost  $k = 13,25$ . Podmínka  $k \geq 1$  je splněna. Šroub v tahu / tlaku VYHOVUJE.

### Ohybové napětí

$$\tau = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot d_3^3} = \frac{16 \cdot F_g \cdot \frac{d_2}{2}}{\pi \cdot 8,16^3} \quad [\text{Mpa}] \quad (8.26)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 1361,09 \cdot \frac{9,026}{2}}{\pi \cdot 8,16^3}$$

$$\tau = 57,58 \text{ MPa}$$

kde:  $\tau$ ... ohybové napětí

$F_g$ ... gravitační síla

$d_2$ ... střední průměr závitu

$d_3$ ... malý průměr závitu

$$k = \frac{R_e}{\tau} \quad [-] \quad (8.27)$$

$$k = \frac{345}{57,58}$$

$$k = 5,99$$

Bezpečnost  $k = 5,99$ . Podmínka  $k \geq 1$  je splněna. Šroub v ohybu VYHOVUJE.

## 8.2 Volba motoru

Pohon otočného stolu byl zvolen z katalogu firmy EXPERT. Byla vybrána řada EDH 960, která svými parametry odpovídá mým požadavkům.



Obrázek 29-Pohon EXPERT EDH 960

Průměr otočného talíře	$D = 710 \text{ mm}$
Výška pohonu	$H = 310 \text{ mm}$
Max. axiální zatížení	$F_A = 58\,000 \text{ N}$

## 8.3 Kontrola ložiska

### Axiální – radiální válečkové ložisko NRT 460 A

Vnitřní průměr	$d = 460 \text{ mm}$
Vnější průměr	$D = 600 \text{ mm}$
Výška ložiska	$H = 70 \text{ mm}$
Základní dynamická radiální únosnost	$C = 201\,000 \text{ N}$
Základní statická radiální únosnost	$C_{0R} = 765\,000 \text{ N}$
Základní dynamická axiální únosnost	$C = 180\,000 \text{ N}$
Základní statická axiální únosnost	$C_{0A} = 2\,240\,000 \text{ N}$

$$F_R = F_V$$

$$F_A = F_{hč} + F_k + F_{včn} + F_{př} + F_{dil} \quad [\text{N}] \quad (8.28)$$

$$F_A = 15303,6 + 1893,3 + 441,5 + 37572,3 + 490,5$$

$$F_A = 55\,701,2 \text{ N}$$

$$F_{hč} \dots \text{ síla od horní části} \quad F_{hč} = m_{hč} \cdot g = 1560 \cdot 9,81 = 15303,6 \text{ N} \quad (8.29)$$

$$F_k \dots \text{ síla od kotouče} \quad F_k = m_k \cdot g = 193 \cdot 9,81 = 1893,3 \text{ N} \quad (8.30)$$



$$F_{v\check{e}n} \dots \text{síla od věnce} \quad F_{v\check{e}n} = m_{v\check{e}n} \cdot g = 45 \cdot 9,81 = 441,5N \quad (8.31)$$

$$F_{př} \dots \text{síla od přípravku} \quad F_{př} = m_{př} \cdot g = 1915 \cdot 9,81 = 37572,3N \quad (8.32)$$

$$F_{díl} \dots \text{síla od dílů} \quad F_{díl} = m_{díl} \cdot g = 50 \cdot 9,81 = 490,5N \quad (8.33)$$

automobilu

### Výpočet statické bezpečnosti únosnosti

Výpočet statické bezpečnosti v axiálním směru:

$$S_{OA} = \frac{C_{OA}}{F_A} \quad [-] \quad (8.34)$$

$$S_{OA} = \frac{2240000}{55701,2}$$

$$S_{OA} = 40,21$$

Výpočet statické bezpečnosti v radiálním směru:

$$S_{OR} = \frac{C_{OR}}{F_R} \quad [-] \quad (8.35)$$

$$S_{OR} = \frac{765000}{953,3}$$

$$S_{OR} = 802,48$$

Minimální bezpečnost dle výrobce je  $S_o = 4$

Ložisko vyhovuje v radiálním i axiálním směru.

## 9 ČISTÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

### 9.1 Čistá stavební struktura otočného stolu

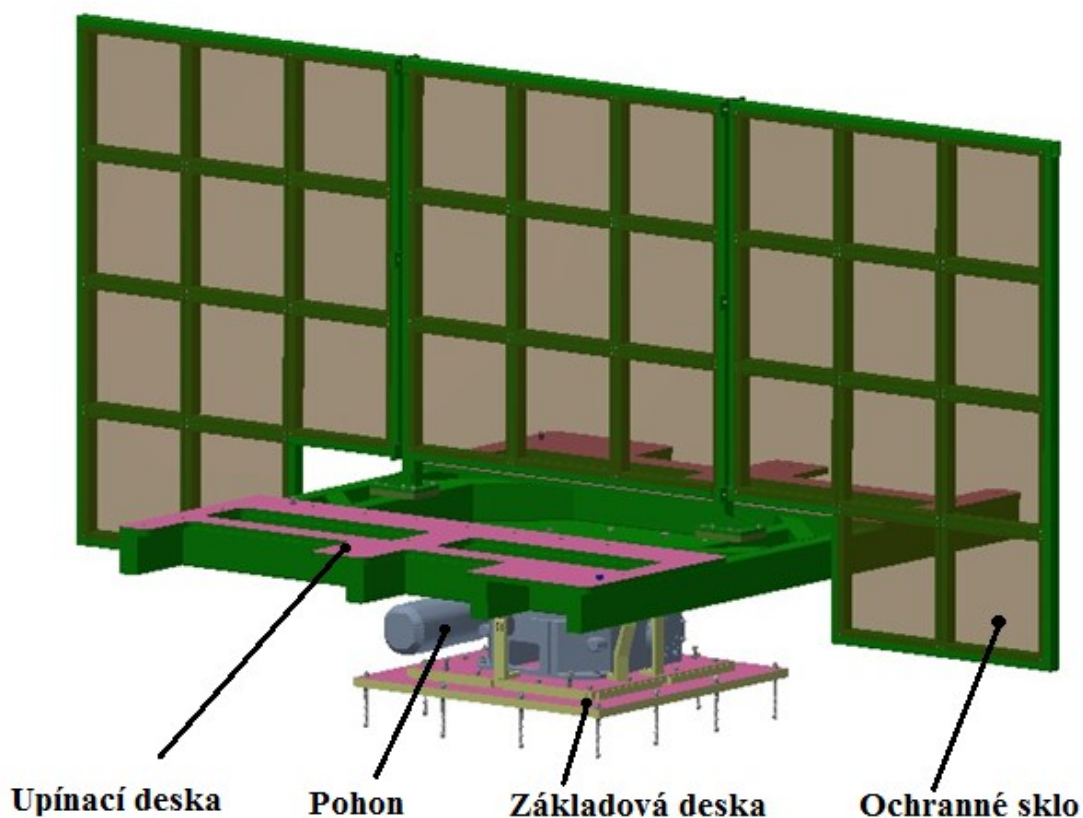
Ke zdárnému vyhotovení otočného stolu byl zvolen bubnový pohon značky EXPERT řady EDH 960. Průměr upínací plochy bubnového pohonu je 710mm, výška 310mm a maximální axiální zatížení je 5800kg. Ložisko bubnového pohonu bylo zvoleno dle firmy SKF.

Dle rozměrů pohonu byla navržena základová deska, která slouží k pevnému upnutí otočného stolu k zemi a zajištění přesného ustavení stolu do vodorovné polohy.

Dále byly navrženy a rozmístěny snímače otočného stolu pro zajištění přesného natáčení a plynulého a bezpečného provozu.

Nosná konstrukce včetně upínací desky byla navržena dle rozměrů svařovacího přípravku tak, aby zaručila kompatibilitu těchto komponentů včetně snadného upínání svařovacího přípravku.

Ochranná stěna pak zaručuje bezpečné oddělení obou pracovišť.



Obrázek 30-Čistá stavební struktura

## 9.2 Základová deska otočného stolu

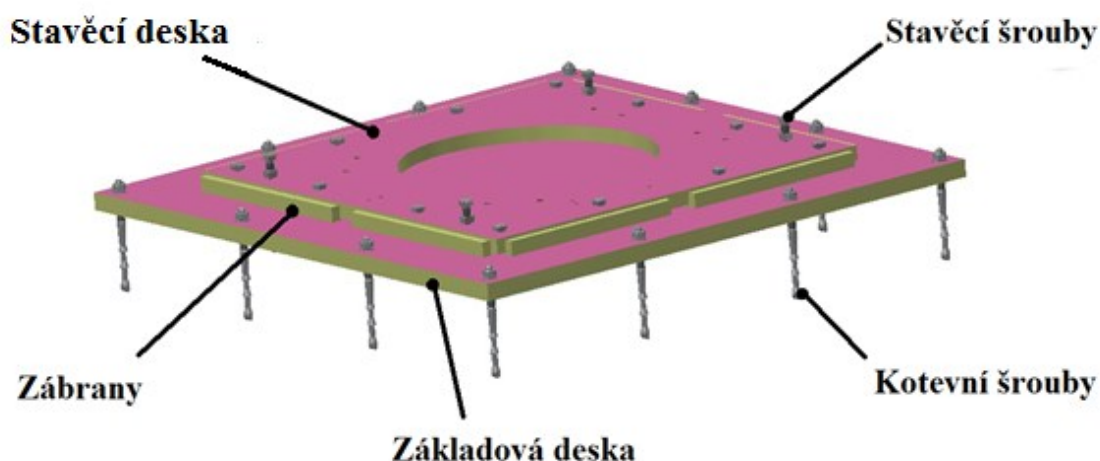
Základová deska otočného stolu slouží k pevnému ustavení otočného stolu k zemi a zajištění vodorovné polohy stolu po celou dobu používání.

Základová deska je k zemi upevněna pomocí kotevních šroubů firmy FISCHER. Dle katalogových listů byl na základě požadavků na ustavení vybrán kotevní šroub řady FHB II – A L M16 x 160 / 100. Kotevní šrouby jsou rozmístěny po obvodu základové desky v rozmezí 375mm.

Tloušťka základové desky byla zvolena 35mm, aby nedošlo k deformaci základové desky pod tíhou stolu, či při svařování zábran.

Vodorovná poloha otočného stolu je zajištěna pomocí stavěcích šroubů, díky kterým je možno tuto polohu nastavit. Stavěcí šrouby jsou umístěny na stavěcí desce.

Nastavená vodorovná poloha je pak zajištěna pomocí dvou zábran z každé strany stavěcí desky. Zábrany jsou následně svařeny ke stavěcí a základové desce, čímž dojde k trvalému zajištění vodorovné polohy.



Obrázek 31-Základová a stavěcí deska

### 9.3 Nosná konstrukce otočného stolu

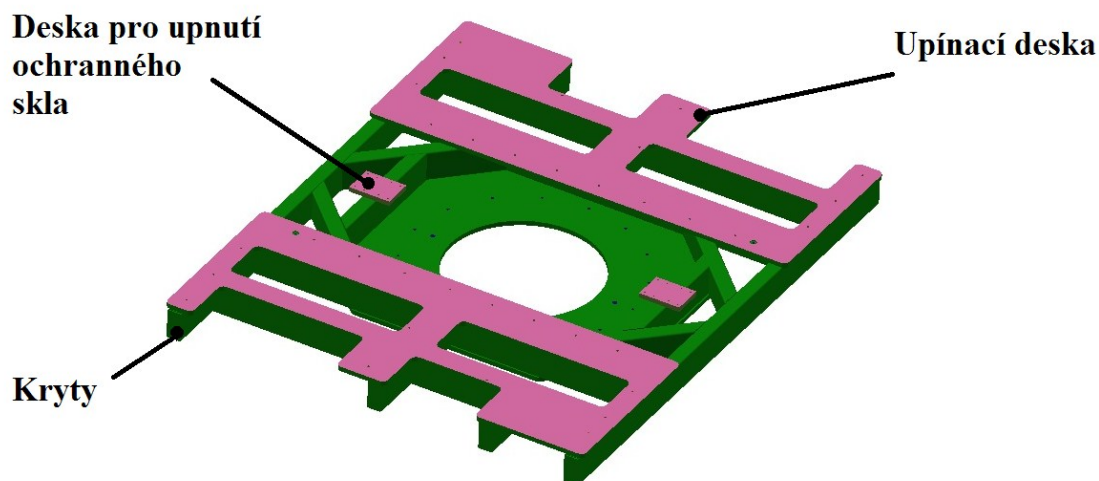
Nosná konstrukce otočného stolu slouží k umístění svařovacích přípravků, jejich správnému ustavení a připevnění.

Nosná konstrukce je vyrobena z dutých profilů (jackelů) 80mm x 160mm tloušťky 6mm. Profily byly navrženy a sestaveny tak, aby nedocházelo k jejich deformaci po umístění svařovacích přípravků, a automobilových dílů určených k následnému svařování, a zajistily konstrukci co nejjednodušší sestavení a nejnižší hmotnost při co nejvyšší pevnosti.

Upínací desky byly navrženy dle tvarů a rozměrů svařovacích přípravků. Byly navrženy tak, aby splňovaly svým tvarem potřebnou plochu pro upnutí svařovacích přípravků, a také zajistily co nejnižší hmotnost. Na upínacích deskách jsou vyvrtány otvory pro šrouby k upevnění svařovacích přípravků.

Na nosné konstrukci jsou dále přivařeny desky, které slouží k upnutí ochranné stěny stolu.

Konce profilů jsou opatřeny kryty kvůli zamezení vnikání nečistot a vlhkosti.

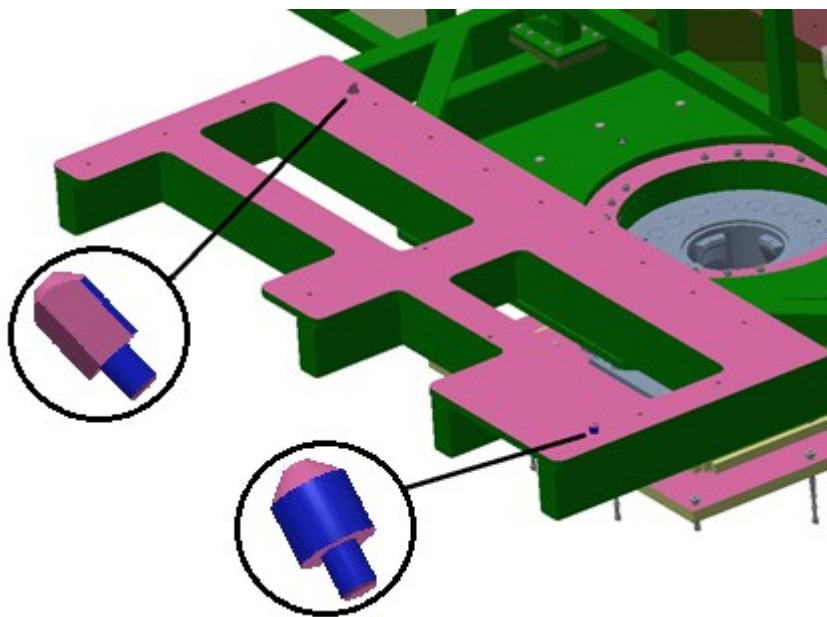


Obrázek 32-Nosná konstrukce

### 9.3.1 Ustavení svařovacího přípravku

K přesnému ustavení svařovacího přípravku k upínací desce slouží dva středící kolíky, které jsou umístěny rozích upínací desky. Kulatý středící kolík je vyroben v toleranci 0,02mm a je umístěn v přední části desky, čtyřhranný středící kolík je taktéž v toleranci 0,02mm a nachází se na zadní straně desky. Při výrobě a sestavování nedosáhneme nikdy požadované přesnosti, proto mají středící kolíky rozdílné tvary, jinak by se mohlo stát, že svařovací přípravek, či jednotlivé součásti, vůbec nesestavíme.

Nosná konstrukce byla zkontrolována simulací MKP v programu ANSYS na průhyb pod vahou svařovacích přípravků včetně dílů.



Obrázek 33-Detail středících kolíků

### 9.3.2 Rozložení svařovacích přípravků

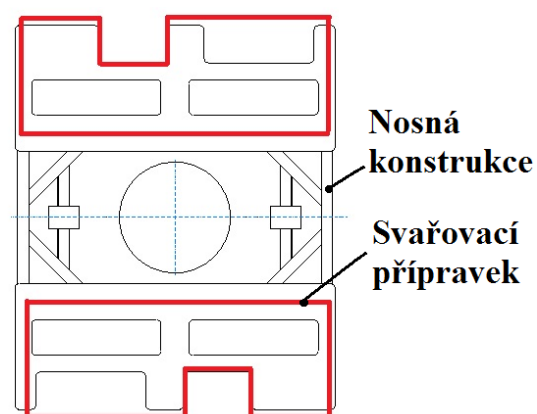
Svařovací přípravky jsou na obou stranách otočného stolu stejné, pouze zrcadlově otočené, to zaručuje souměrné rozložení váhy jak nosné konstrukce, tak svařovacího přípravku s automobilovými díly. Tudiž se těžiště stolu nachází v ose rotace stolu.

V případě změny požadavků a svařovacích přípravků by bylo nutné navrhnout jinou upínací desku a zkontrolovat těžiště stolu, popřípadě umístit protizávaží na upínací desku, aby došlo k vyrovnání váhy.

#### 9.3.2.1 Příklady uložení svařovacích přípravků

Na obrázcích vidíme dva druhy uložení svařovacích přípravků:

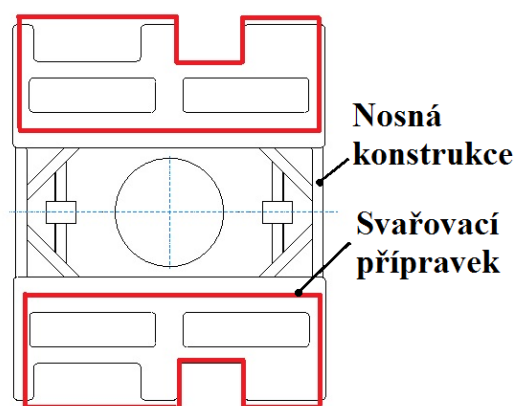
Uložení 1 – Jedná se o uložení dvou stejných svařovacích přípravků. Svařovací přípravky jsou po otočení stolu ve stejné poloze. Umožňují svařování pouze jednoho druhu dílu. Při uložení dvou stejných svařovacích přípravků se těžiště stolu nachází v ose rotace stolu.



Obrázek 34-Uložení svařovacích přípravků 1

Uložení 2 – Jedná se o uložení dvou rozdílných svařovacích přípravků. Svařovací přípravky jsou po otočení stolu v jiné poloze. Toto uložení umožňuje svařování např. levého a pravého dílu automobilu.

Při uložení dvou různých svařovacích přípravků je těžiště stolu posunuto od osy rotace.



Obrázek 35-Uložení svařovacích přípravků 2

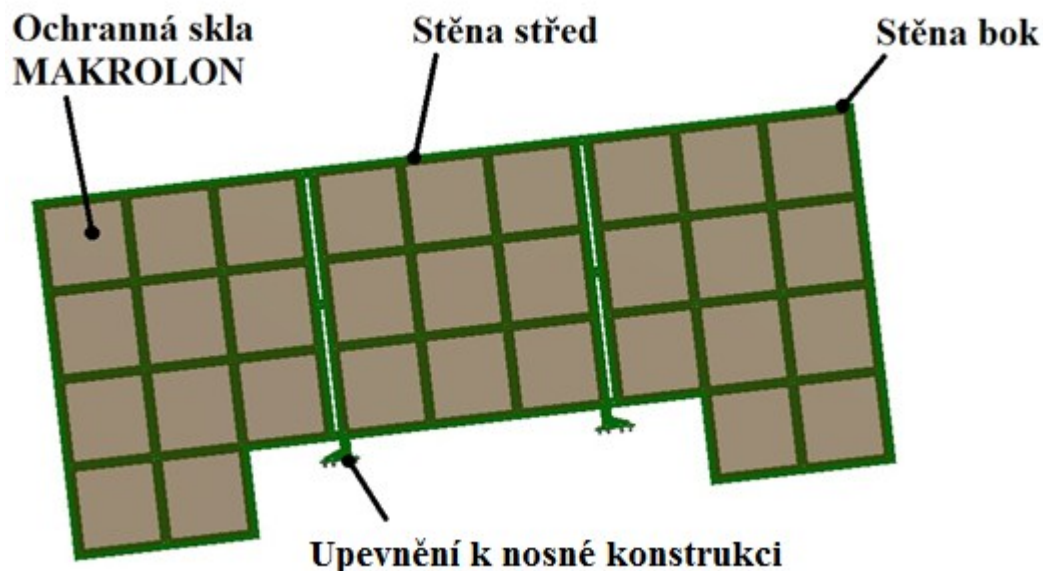
## 9.4 Ochranná stěna otočného stolu

Ochranná stěna otočného stolu slouží k oddělení pracovního prostředí, kde svařovací automat provádí svařování dílů automobilu od prostředí, kde pracovník na druhou stranu stolu zakládá díly ke svařování.

Výška ochranné stěny byla navržena dle velikosti průměrného člověka s rezervou 450mm, z důvodu jeho ochrany před jiskrami a dalšími vlivy, které mohou vznikat při svařování na druhé straně stolu. Přičemž šířka stolu byla navržena dle svařovacího přípravku, aby bylo možné stůl bezpečně otočit a nedošlo ke střetu svařovacího přípravku s okolní stěnou.

Ochranná stěna stolu se skládá ze tří hlavních částí, které jsou k sobě spojeny šrouby. Celá stěna je pak rovněž upevněna pomocí šroubů k nosné konstrukci.

Ochranná stěna je vyplněna polykarbonátovým sklem s UV ochranou firmy MAKROLON o tloušťce 6mm. Tyto skla se vyznačují vysokou odolností proti poškrábání, ale také chemickou a UV odolností. Stěna je částečně průhledná z důvodu vizuální kontroly svařování.

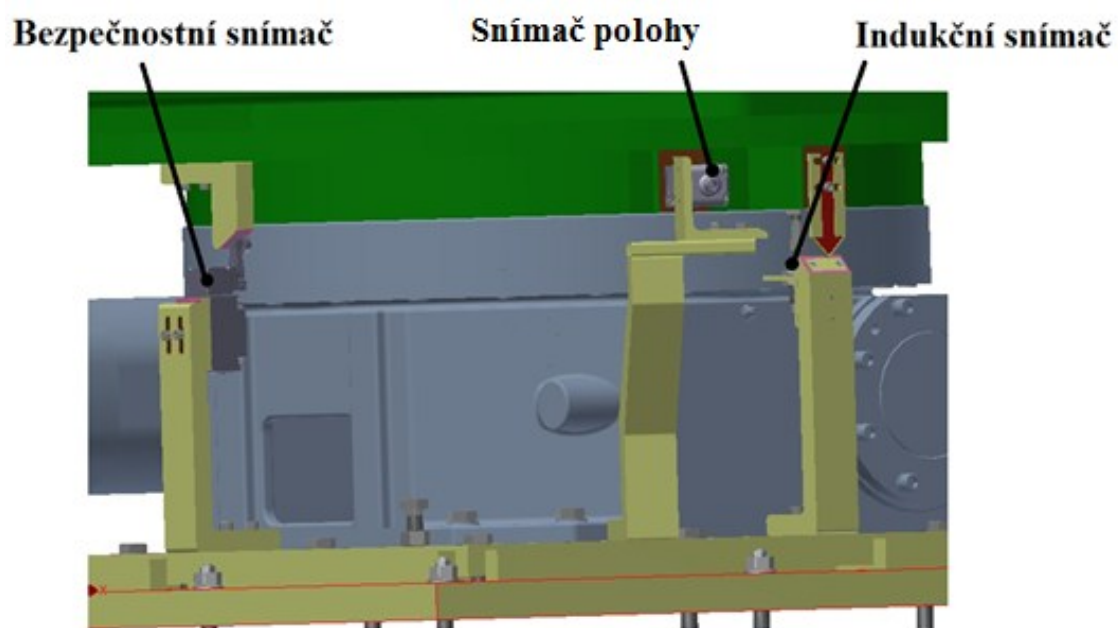


Obrázek 36-Ochranná stěna

## 9.5 Umístění snímačů otočného stolu

V okolí otočného stolu se nachází tři druhy snímačů, z nichž každý plní svou funkci a podává důležitou informaci o poloze stolu.

Snímače jsou umístěny v přední části stolu ve zvolených rozestupech.



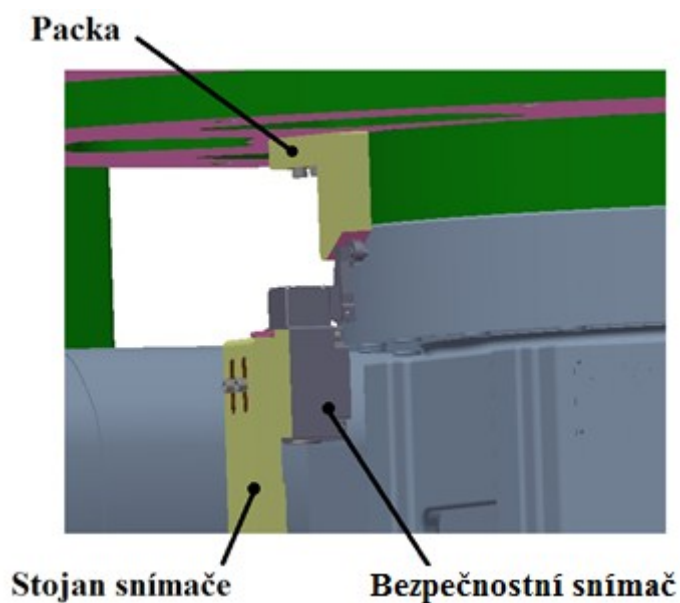
Obrázek 37-Rozmístění snímačů



### 9.5.1 Bezpečnostní snímač

Bezpečnostní snímač je posunut o 90 stupňů od hlavního indukčního snímače. Bezpečnostní snímač je na stojanu nastavitelný ve svislém směru, přičemž packy snímače, které snímač při kontaktu s nimi aktivují, jsou nastavitelné ve směru vodorovném. Packy jsou přichyceny ke kotouči pootočený od sebe o 180 stupňů.

Snímač slouží u otočného stolu jako snímač bezpečnostní. Pokud by došlo k poruše a otočný stůl by přešel jednu z krajních poloh, snímač se sepne a tím zastaví celý proces otáčení a dojde k vypnutí stroje.



Obrázek 38-Bezpečnostní snímač

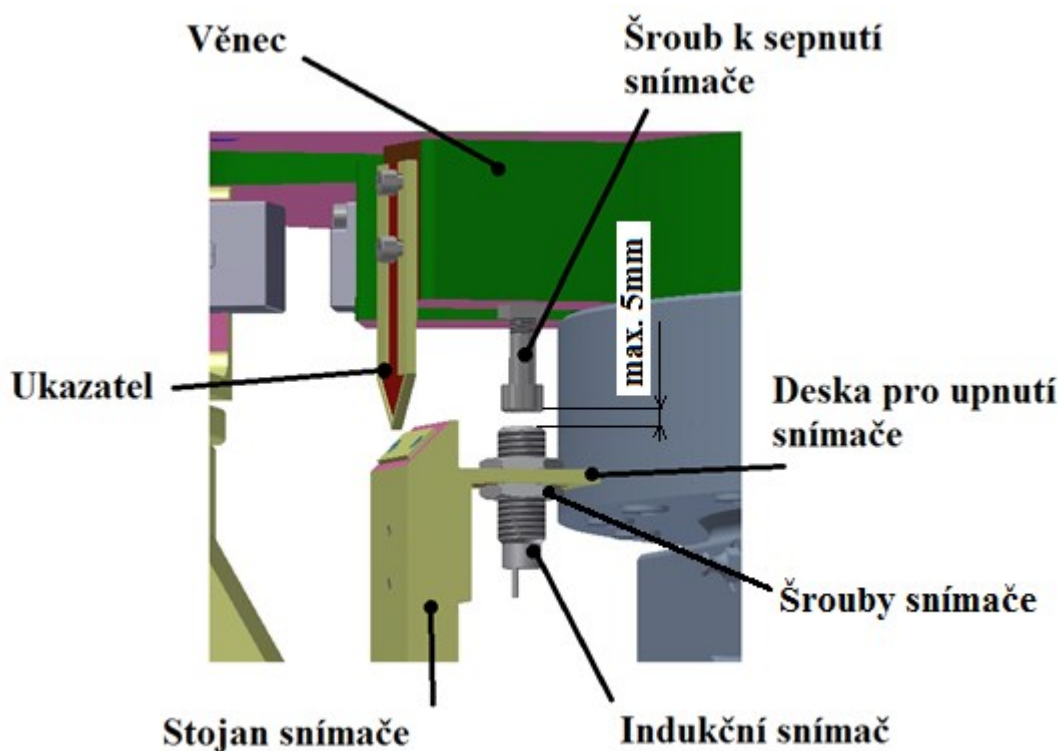
### 9.5.2 Indukční snímač

Indukční snímač se nachází v nulové poloze. Je umístěn na desce pro upnutí snímače, která obsahuje drážky, a ty umožňují jeho nastavení ve vodorovné poloze v ose x a v ose y. Ve svislé poloze pak můžeme měnit vzdálenost pomocí šroubu. Indukční snímač je pak ve správné poloze zajištěn maticemi.

Dle indukčního snímače určujeme polohu stolu, zda se otočný stůl nachází v poloze 0, či v poloze 1.

Indukční snímač reaguje na šroub, který je upevněn na věnci, ten je pak upevněn k pohonu stolu. Šroub se nachází pouze na jedné straně v nulové poloze. Pokud se šroub nachází v nulové poloze, snímač se sepne.

Pomocí indukčního snímače můžeme, v případě závady, lépe určitě stranu, kde se daná závada nachází.



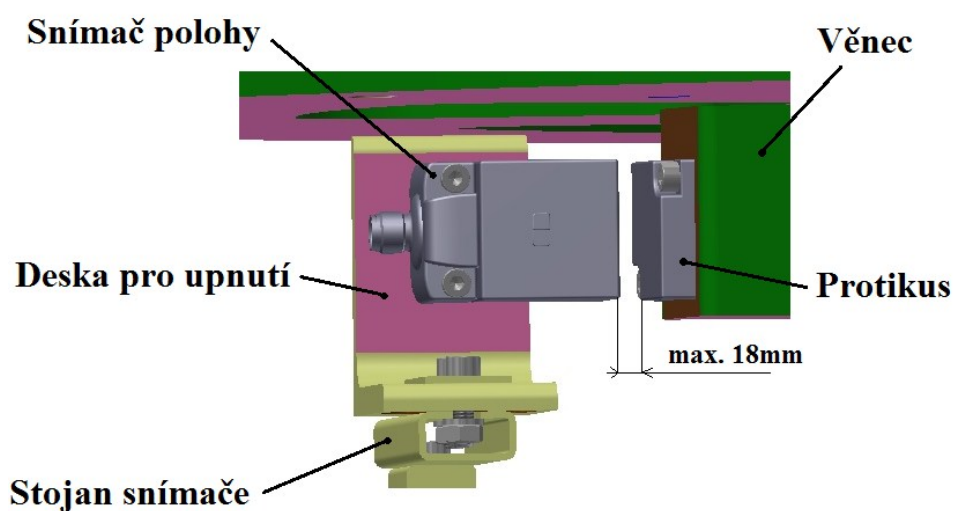
Obrázek 39-Indukční snímač

### 9.5.3 Snímač polohy

Snímač polohy je posunut od indukčního snímače o 26 stupňů. Je umístěn na desce pro upnutí snímače, která obsahuje drážky, a ty umožňují pohyb snímače ve vodorovném směru v ose x a v ose y.

Snímač se skládá ze dvou hlavních částí. Část, která slouží ke snímání je umístěna na desce pro upnutí, přičemž protikus, na který snímač reaguje, je umístěn na věnci stolu.

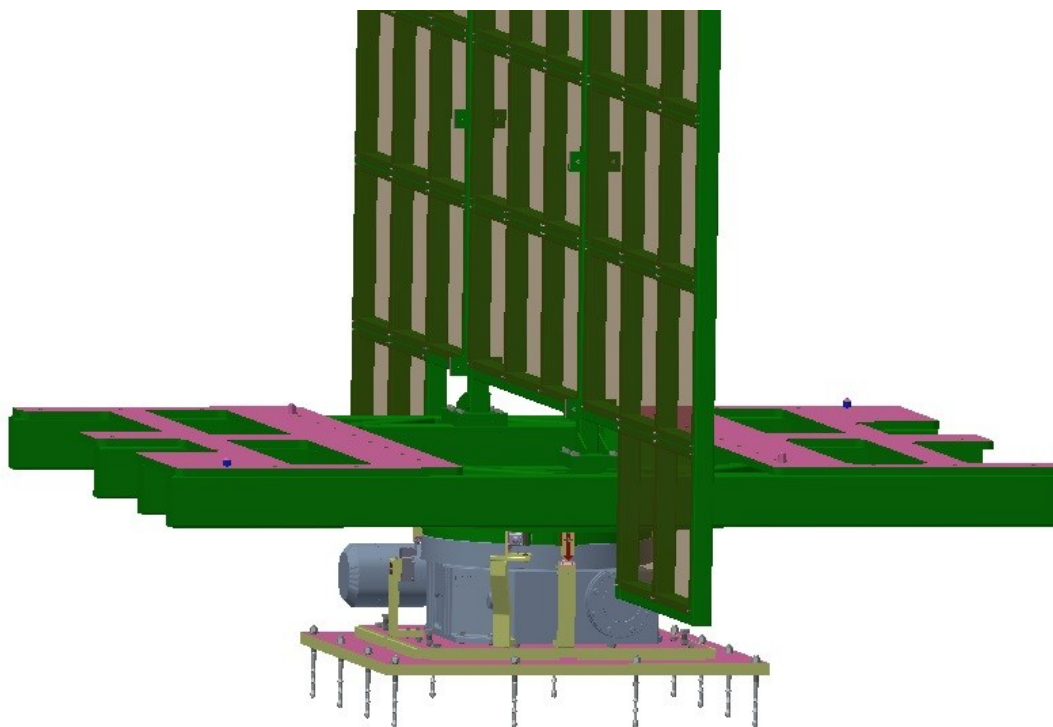
Snímač se sepne, jakmile krajem zareaguje na protikus. Tím se spustí brzdění stolu až do úplného zastavení ve správné poloze. Je velmi přesný a umožňuje zastavení na tisícinu milimetru.



Obrázek 40-Snímač polohy

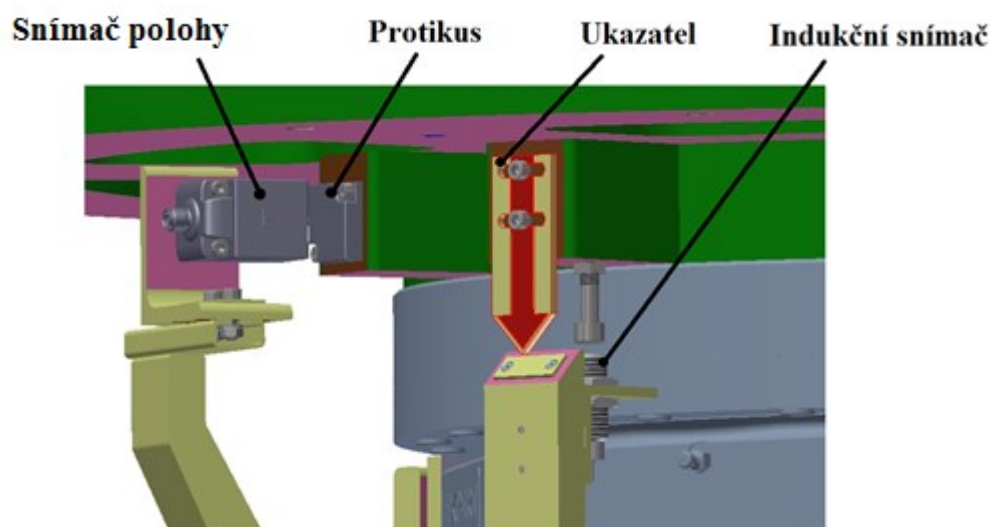
## 9.6 Polohy otočného stolu

**Poloha 0** – otočný stůl se nachází v poloze 0. Indukční snímač a snímač polohy je sepnut.



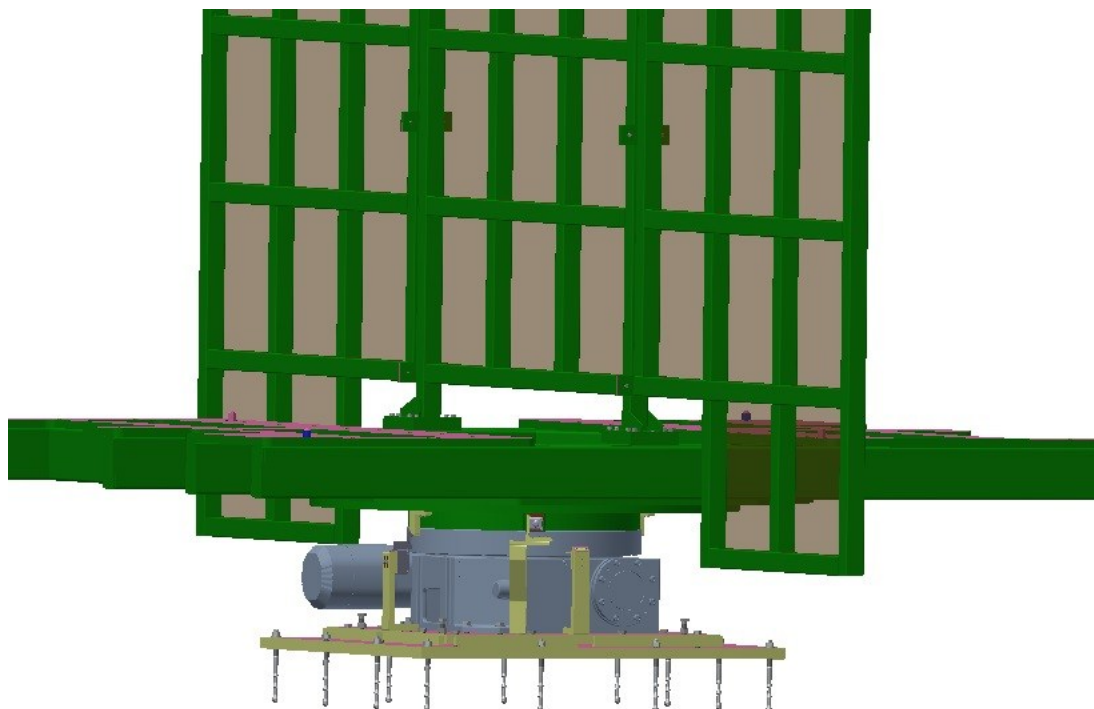
Obrázek 41-Otočný stůl - Poloha 0

Detail indukčního snímače a snímače polohy. Ukazatel na indukčním snímači ukazuje nulovou polohu.



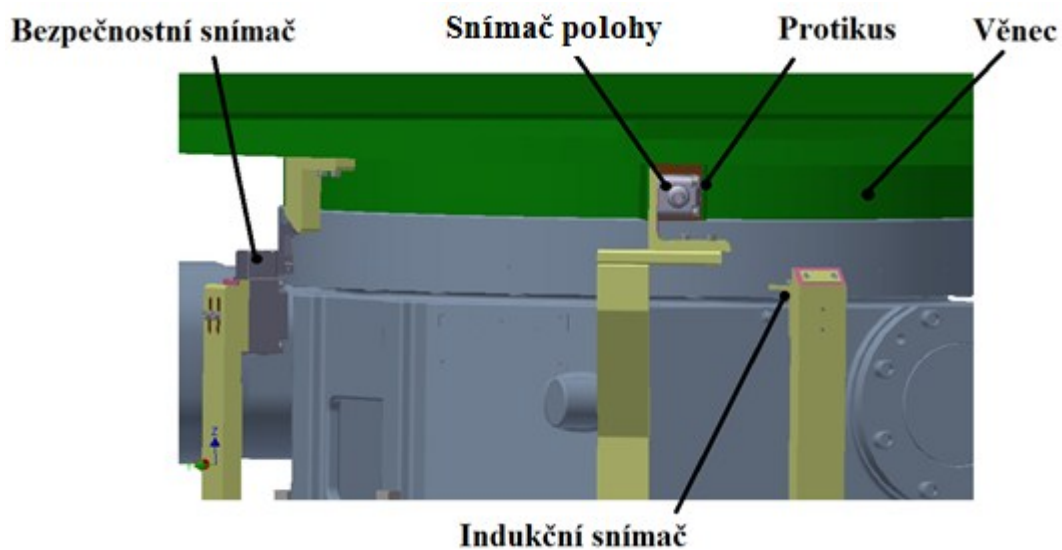
Obrázek 42-Poloha 0 - Detail snímačů

**Poloha 1** – otočný stůl se nachází v poloze 1. Je sepnut pouze snímač polohy.



*Obrázek 43-Otočný stůl - Poloha 1*

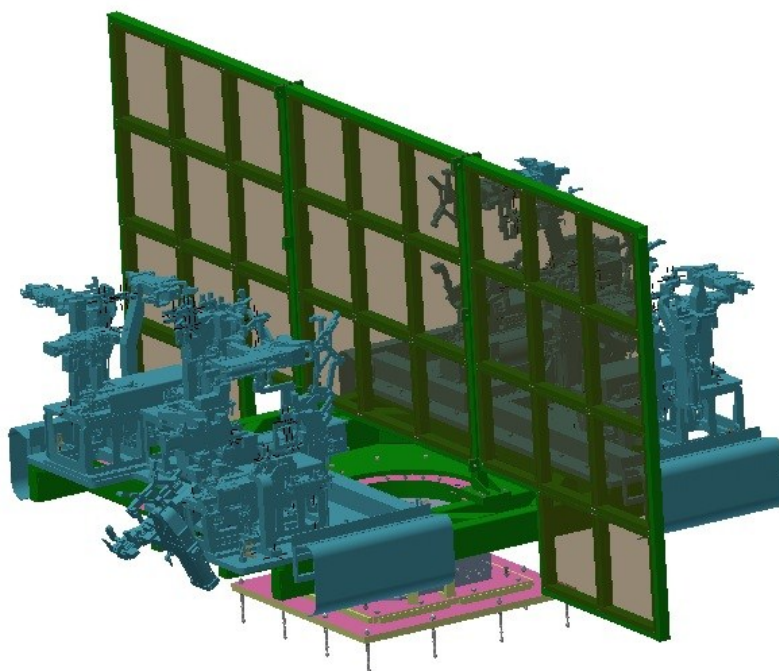
Detail snímače polohy. Snímač polohy reaguje na druhý protikus uchycený na věnci. Indukční snímač není sepnut. Bezpečnostní snímač hlídá správnou polohu otočení stolu.



*Obrázek 44- Poloha 1 - Detail snímačů*

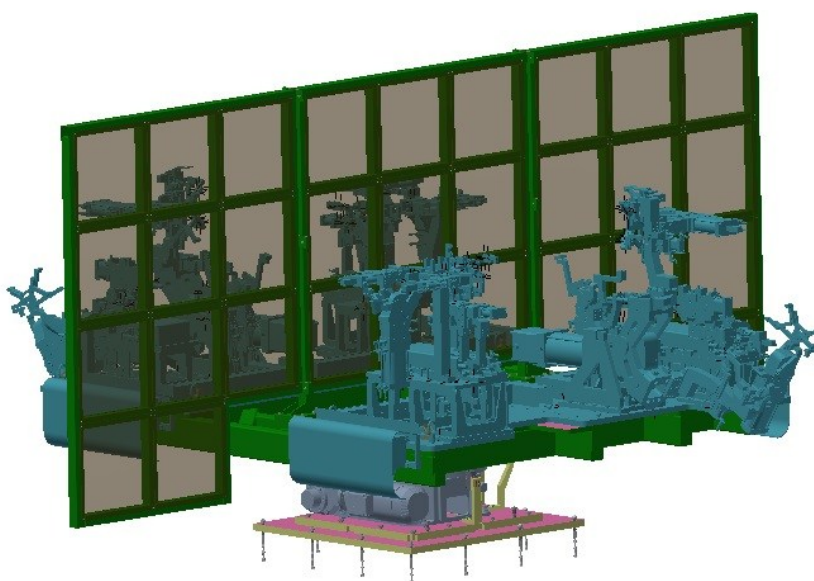
## 9.7 Otočný stůl se svařovacími přípravky

Na obrázcích vidíme kompletně navržený otočný stůl včetně svařovacích přípravků. Ty jsou na otočný stůl připevněny pomocí šroubů a jejich přesná poloha je zajištěna pomocí středících kolíků.



*Obrázek 45- Otočný stůl se svařovacími přípravky- Pohled zprava*

Pohled na otočný stůl se svařovacími přípravky z levé strany.



*Obrázek 46- Otočný stůl se svařovacími přípravky- Pohled zleva*



## 10 PEVNOSTNÍ ANALÝZA

### 10.1 Zvolení sítě

Pevnostní analýzu jsem provedl na nosné konstrukci otočného stolu, na které vzniká největší namáhání a to jak pod tíhou svařovacích přípravků, tak pod tíhou ochranné stěny.

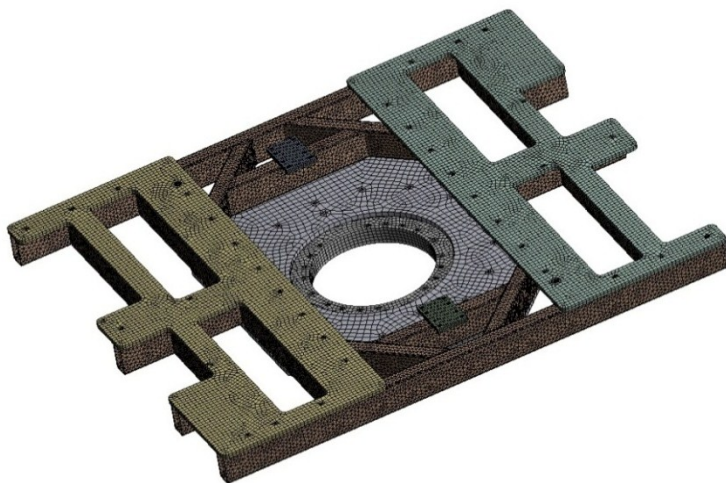
V první řadě byla vytvořena síť, která byla postupně zjemněna metodou HEX-DOMINANT, která přenastaví síť na šestiúhelníkové elementy.

Pro každou část nosné konstrukce byla zvolena odlišná velikost elementu, aby došlo ke zpřesnění výpočtu.

Součást	Velikost elementu
Spodní deska	30 mm
Deska pro upnutí ochranného skla	10 mm
Upínací deska	20 mm
Větec + kotouč	20 mm
Konstrukce	20 mm

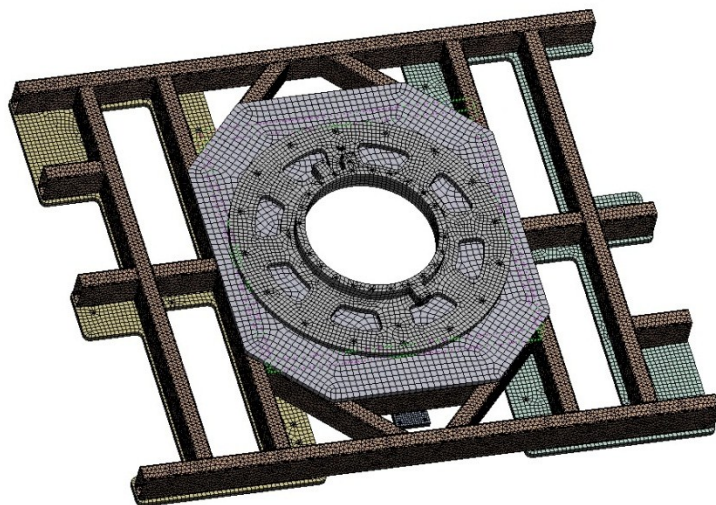
Tabulka 9- Velikosti elementů

Na desce pro upnutí ochranné stěny volím velikost elementu 10mm, kvůli malé velikosti upínací plochy.



Obrázek 47- Rozložení sítě - pohled shora

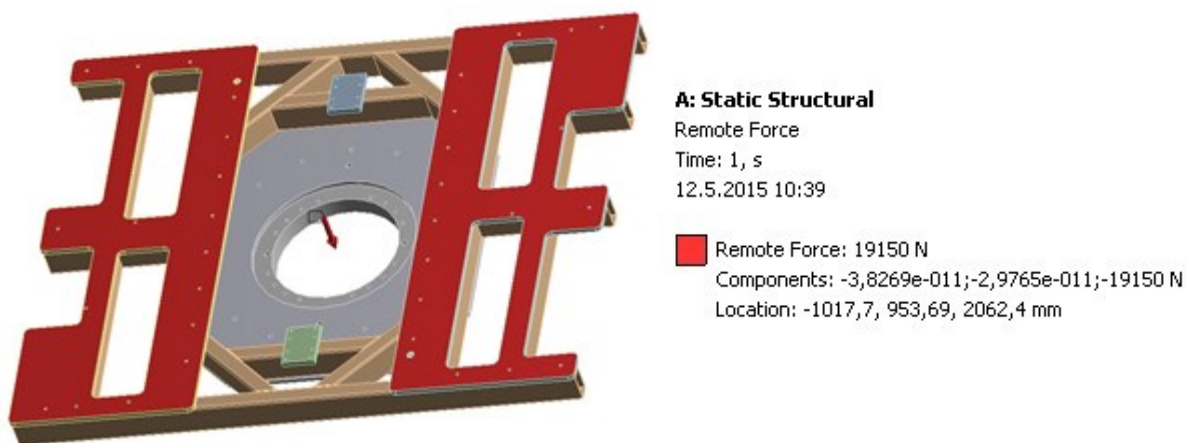
Pohled zespod ukazuje rozložení sítě na věnci a kotouči a také na svařované konstrukci otočného stolu.



Obrázek 48-Rozložení sítě - Pohled zespod

## 10.2 Volba zatěžujících sil

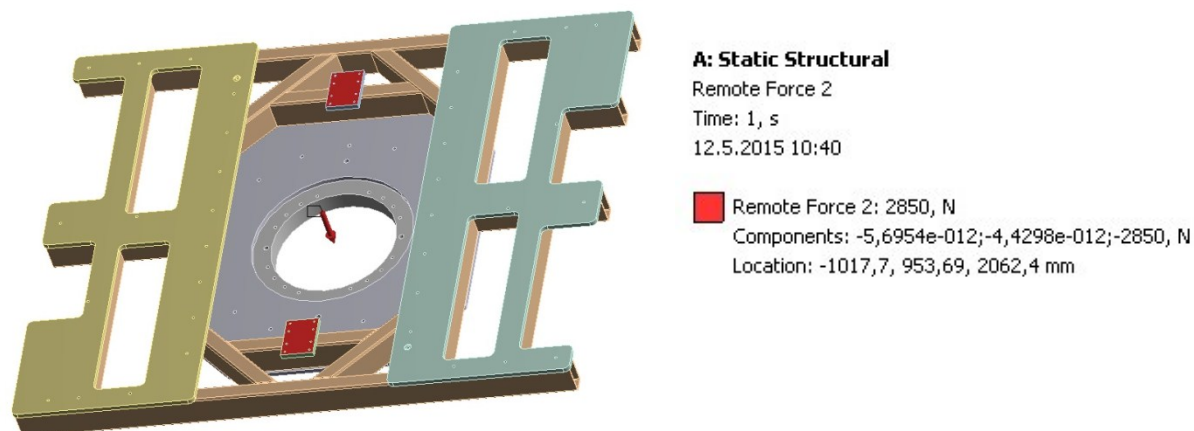
Pro odpovídající zatížení jsem volil sílu REMOTE-FORCE, která bude nahrazovat tíhu svařovacích přípravků včetně upnutých automobilových dílů. Síla byla zvolena na upínacích deskách nosné konstrukce o velikosti  $F = 19\,150\text{ N}$ .



Obrázek 49- Definování síly přípravků

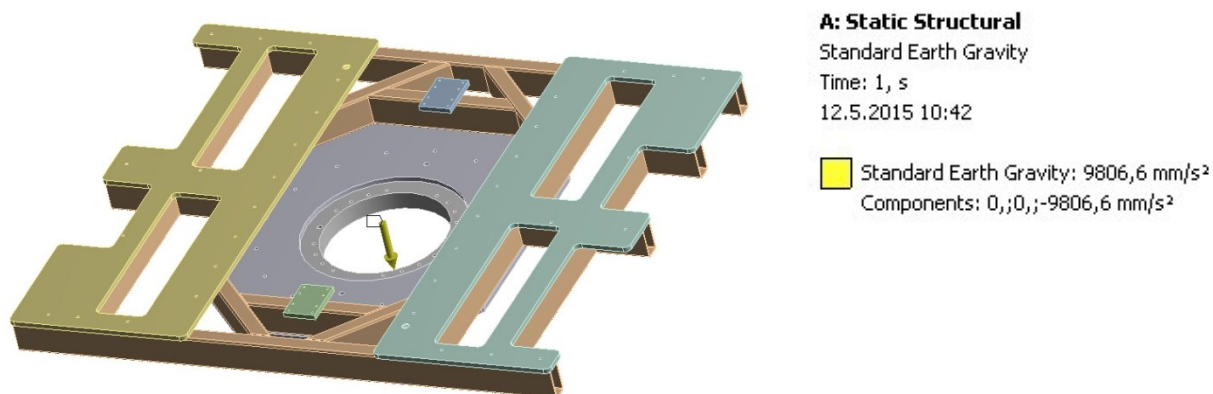


Pro odpovídající zatížení jsem volil sílu REMOTE-FORCE, která bude nahrazovat tíhu ochranné stěny. Velikost této síly je  $F = 2\,850\text{ N}$ .



Obrázek 50- Definování síly ochranné stěny

Pro větší přesnost výpočtu byla definována gravitační síla o velikosti  $F = 9,81\text{ m.s}^{-2}$ .



Obrázek 51- Definování gravitační síly

## 10.3 Výsledná deformace

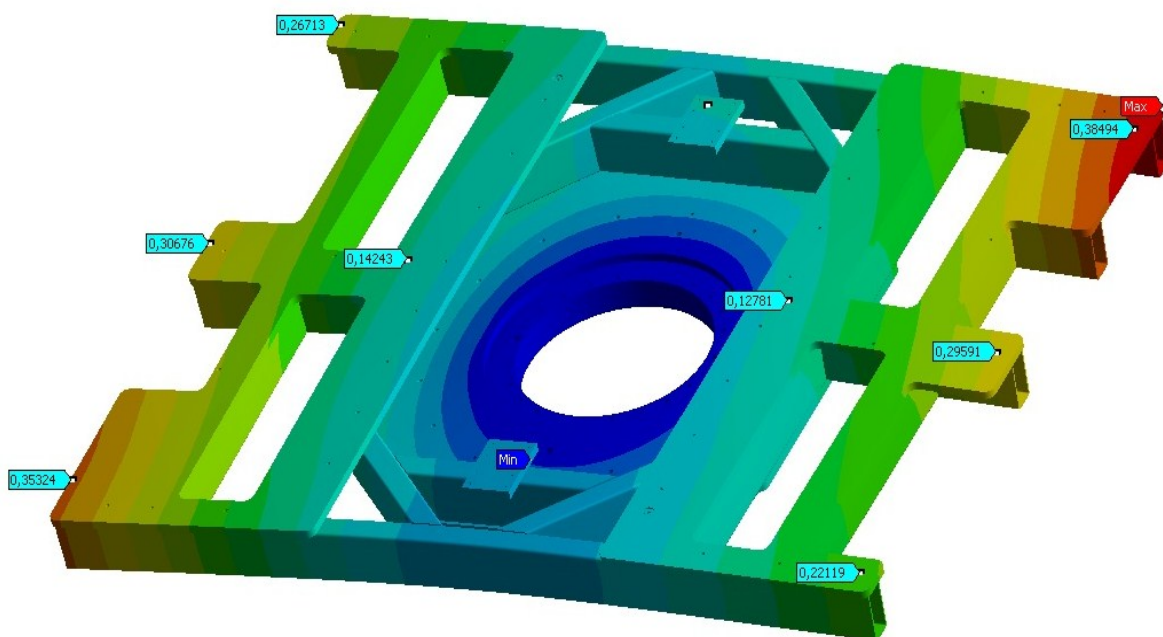
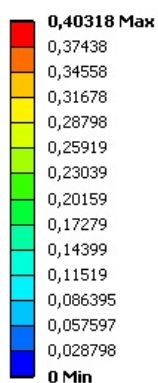
Výsledná deformace spočtena programem ANSYS vyšla 0,40318mm. V porovnání velikosti nosné konstrukce s deformacemi, které vznikají při zatěžování, jsou deformace minimální.

Z obrázku je patrné rozložení deformačních zón s hodnotami, které odpovídají velikosti deformací.

Největší deformace vzniká v rozích nosné konstrukce pod tíhou svařovacího přípravku. Pod tíhou ochranné stěny vznikají pouze malé deformace. Nejmenší deformace vznikají v ose rotace stolu na kotouči a věnci.

### A: Static Structural

Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: mm  
Time: 1  
12.5.2015 10:43



Obrázek 52-Výsledná deformace

## 10.4 Výsledné napětí

Výsledné napětí spočtené programem ANSYS vyšlo 29,139MPa. Z obrázku je patrné rozložení napěťových zón s hodnotami, které odpovídají velikosti napětí v příslušných místech.

Největší napětí vznikají v oblasti osy rotace otočného stolu na kotouči, na kterém je umístěna nosná konstrukce. Nosná konstrukce je ovlivněna napětím především po jejím okraji.

Maximální napětí bylo zjištěno pod upínací deskou na nosné konstrukci. Jedná se však o napěťovou špičku, která může být odstraněna vhodnou konstrukční úpravou.

### A: Static Structural

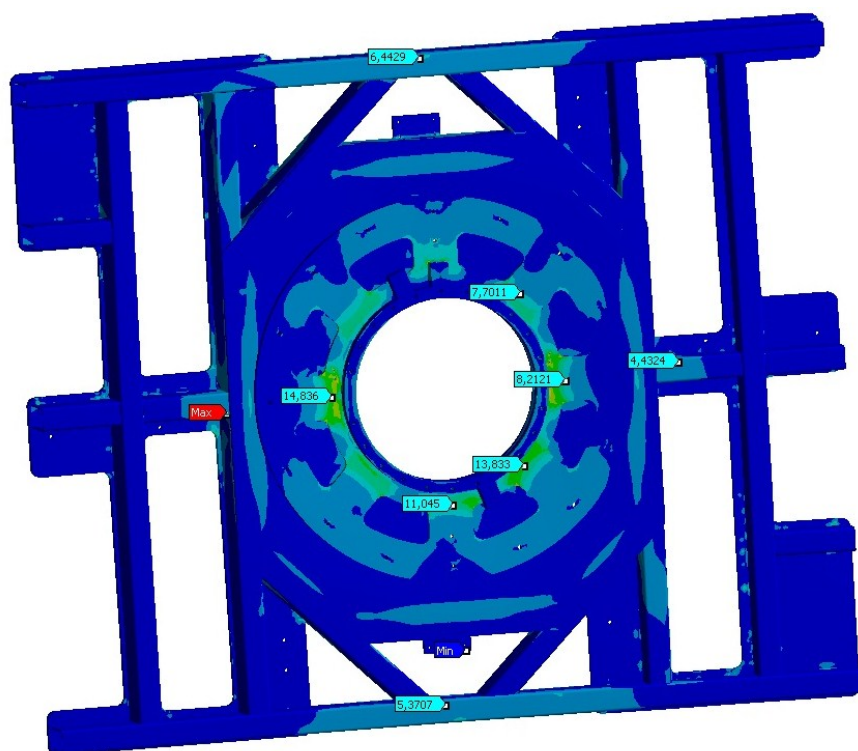
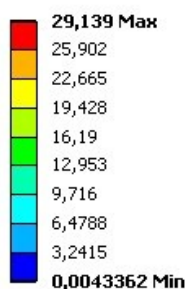
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

12.5.2015 10:44



Obrázek 53-Výsledné napětí

## 11 SESTAVENÍ OTOČNÉHO STOLU

Otočný stůl sestavujeme po jednotlivých částech. V první řadě provedeme upevnění základové desky a dalších částí a poté vyrobení všech svařenců.

Základová deska je upevněna pomocí kotevních šroubů k podlaze. Na ní je našroubována stavěcí deska. Obě desky jsou poté pomocí stavěcích šroubů ustaveny do přesné vodorovné polohy a v této poloze zajištěny pomocí přivaření zábran po krajích stavěcí desky. Následně je na ně upevněn pohon. Z horní části pohonu je našroubován věnec, který slouží také k umístění protikusů snímačů.

Na věnec je dále našroubován kotouč, který slouží ke zvětšení upínací plochy pro horní část stolu, která je pak ke kotouči přišroubována. Kotouč i horní část stolu jsou vystředěny středícími kolíky.

Horní část stolu se skládá z nosné konstrukce a ochranné stěny. Začneme nosnou konstrukcí, kdy k sobě svařujeme profily jackelů 80mm x 160mm tloušťky 6mm, různých délek, do požadovaného tvaru. Na spodní část nosné konstrukce přivaříme desku, která bude sloužit k upnutí ke kotouči. Na horní část nosné konstrukce přivaříme upínací desky pro svařovací přípravky, a také desky pro upevnění ochranného skla. Na volné konce jackelů navaříme kryty. Po svařování nosnou konstrukci necháme opracovat na funkčních plochách.

Další částí je ochranná stěna, která složena ze tří částí a vyrobena z profilů jackelů 60mm x 60mm tloušťky 3mm, které jsou svařeny do požadovaného tvaru. Po svaření jsou v příslušných roztečích vyvrtány otvory pro ochranná skla MAKROLON. Ty jsou následně připevněny ke konstrukci ochranné stěny. Ochranná stěna je poté spojena šrouby k nosné konstrukci a celá horní část je upevněna pomocí šroubů ke zbytku sestavy.

Na závěr jsou po stranách stolu upevněny snímače. Ty jsou poté seřizeny na jejich posuvných plochách dle požadavků.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo, pro potřebu firmy VorKon engineering s.r.o., navrhnout otočný stůl pro robotizované pracoviště, dle zadaných hodnot.

Na začátku práce se zabývám popisem druhů otočných stolů, které můžeme nalézt u nás i ve světě. Poté přecházím k jednotlivým komponentům otočných stolů, které plní potřebné funkce, ať už jde o pohony, převodovky, ložiska, či snímače.

Při řešení problematiky jsem postupoval dle konstrukční nauky. [I] Nejprve jsem si sepsal seznam požadavků na otočný stůl. Poté jsem seznam přesněji specifikoval a sepsal požadavkový list. Dalším krokem bylo sepsání seznamu funkcí a vytvoření černé skříňky, která vyznačuje hlavní transformaci otočného stolu. V návaznosti na černou skříňku byl sestaven hierarchický funkční strom pro lepší přehled jednotlivých funkcí a také blokové schéma, které poukazuje na jejich návaznost.

Dále jsem pak sestavil morfologickou matici, přiřadil k funkcím jednotlivé orgány a vybral dvě nejlepší možná řešení. Tato řešení jsem pak mezi sebou navzájem porovnal a na základě hodnocení vybral nejvhodnější variantu. Z vybrané varianty byla sestavena hrubá stavební struktura.

Ve výpočtové části jsem se zabýval kontrolou ložiska v navrženém pohonu značky EXPERT řady EDH 960, kde jsem spočítal vliv radiální a axiální síly na ložisko a určil jsem statickou bezpečnost únosnosti ložiska v obou směrech. Statická bezpečnost v axiálním směru vyšla  $S_{0A} = 40,21$  a ve směru radiálním  $S_{0R} = 802,48$ . Ložisko tudíž vyhovuje v obou směrech. Dále byl spočítán klopný moment ochranné stěny, aby nedošlo k převržení, při roztočení otočného stolu, a také byla spočtena síla na jeden šroub ochranné stěny, která vyšla  $F_s = 1361,09$  N. Bezpečnost pak vyšla pro tah / tlak  $k = 13,25$  a pro ohyb  $k = 5,99$ . Dle výsledků při otáčení stolu nedojde k převržení.

V následující kapitole diplomové práce byly jednotlivě vysvětleny a popsány části zkonstruovaného otočného stolu, jejich provedení a funkce.

Nosná konstrukce otočného stolu pak byla zkontrolována metodou MKP v programu ANSYS, zda nedojde k nechtěným deformacím. Na základě simulací MKP jsem zjistil poměrně malé deformace, a to 0,403mm na krajích upínacích desek pod svařovacími přípravky. Největší napětí 29,139MPa, bylo naměřeno v blízkosti osy rotace stolu na kotouči pod nosnou konstrukcí.

V závěru diplomové práce byl objasněný postup složení otočného stolu.

## SEZNAM LITERATURY

### 11.1.1 Knihy a časopisy

- [I] Hubka Vladimír, Konstrukční Nauka, obecný model při konstruování, 2 přepracované a doplněné vydání. Vyd. 1995. 118s. ISBN 80-90 1135-0-8

### 11.1.2 Normy

- [A] ČSN ISO 10780. *Stacionární zdroje emisí: Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [B] ČSN ISO 9096. *Stacionární zdroje emisí: stanovení hmotnostní koncentrace a hmotnostního toku tuhých částic v potrubí - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [C] ČSN EN 13284-1. *Stacionární zdroje emisí: Stanovení nízkých hmotnostních koncentrací prachu - Manuální gravimetrická metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2002.

### 11.1.3 Internetové zdroje

- [1] ZÁVIŠKA, Petr. *NÁVRH OTOČNÉHO STOLU CES 200 S HYDROSTATICKÝM ULOŽENÍM* [online]. Brno, 2012 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=41372](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41372). Závěrečná práce. VUT Brno.
- [2] Momentové motory. ETEL Motion Technology [online]. 2013 [cit. 2015-02-17]. Dostupné z: [http://www.etel.ch/fileadmin/PDF/Catalogs/torque\\_motors\\_v1.0\\_czech.pdf](http://www.etel.ch/fileadmin/PDF/Catalogs/torque_motors_v1.0_czech.pdf)
- [3] ETEL Motion Technology. [online]. 2012 [cit. 2015-02-16]. Dostupné z: <http://www.etel.ch/torque-motors/principle/>
- [4] CNC Rotary. [online]. [cit. 2014-10-12]. Dostupné z: [http://www.mctooling.com/user\\_images/4288031.pdf](http://www.mctooling.com/user_images/4288031.pdf)
- [5] Trelleborg sealling solutions. [online]. [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.tss.trelleborg.com/global/en/service/catalogsbrochures/czech/czech.html>

- [6] Vznik tlakové ztráty při proudění tekutiny. [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/vznik-tlakove-ztraty-pri-proudeni-tekutiny.html>
- [7] SuperWinch: Elektrické a hydraulické navijáky. [online]. 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.superwinch.sk/?vsetko-o-navijakoch,54>
- [8] Druhy a výroba šneků a šnekových kol. [online]. 2014 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1310/druhy-a-vyroba-sneku-a-snekovych-kol>
- [9] MM Spectrum: Kuličkové šrouby. [online]. 2011 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kulickove-srouby.html>
- [10] Kuličkové šrouby. [online]. 2014 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuli%C4%8Dkov%C3%BD\\_%C5%A1roub](http://cs.wikipedia.org/wiki/Kuli%C4%8Dkov%C3%BD_%C5%A1roub)
- [11] HABERKORN: Upínací prvky. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/upinaci-systemy/>
- [12] CNCshop: CNC a automatizace. [online]. 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/upinaci-stul-s-t-drazkami>
- [13] Schaeffler: Řešení ložisek pro obráběcí stroje. [online]. 2006 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: [http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/\\_shared\\_media/08\\_media\\_library/01\\_publications/schaeffler\\_2/brochure/downloads\\_1/pkw\\_de\\_cs.pdf](http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/brochure/downloads_1/pkw_de_cs.pdf)
- [14] SKF: Axiální kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/angular-contact-thrust-ball-bearings/index.html>
- [15] SLB: Speciální ložiska Brno. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.slb.cz/katalog/loziska-se-zkrizenymi-valecky>
- [16] TROMA: Valivá ložiska. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.troma.cz/938-valeckova-loziska.html>
- [17] Snímače mechanických veličin. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://skriptum.wz.cz/autom/poloha.htm>
- [18] Odměrovací systémy. [online]. 2006 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvyka-arvt/Data/ivk-arvt-soubory/10-F.pdf>
- [19] Renishaw: Rotační snímací systém SIGNUM. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/rotacni-uhlovy-snimaci-system-signum-resm--6454#ElementMediaList12022>

- [20] Renishaw: Magnetické rotační snímače. [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/magneticke-rotacni-snimace--9801>
- [21] HEIDENHAIN: Magnetické modulární snímače. [online]. 2013 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: [http://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/produkty-a-pouziti/uhlove-snimace/magneticke-modularni-snimace/](http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/produkty-a-pouziti/uhlove-snimace/magneticke-modularni-snimace/)
- [22] Selet: Indukční snímače. [online]. 2013 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: [http://www.oemautomatic.cz/Products/Elektricke\\_stroje/Indukni\\_snimae/Zasady\\_indukni\\_detekce\\_kivky\\_detekce\\_a\\_znaeni/Selet\\_Indukni\\_snimae\\_-\\_co\\_je\\_poteba\\_vdt\\_pro\\_spravnou\\_volbu/604954-603767.html](http://www.oemautomatic.cz/Products/Elektricke_stroje/Indukni_snimae/Zasady_indukni_detekce_kivky_detekce_a_znaeni/Selet_Indukni_snimae_-_co_je_poteba_vdt_pro_spravnou_volbu/604954-603767.html)
- [23] WIKTORI: Obráběcí CNC stroje a příslušenství. [online]. 2014 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.wiktori.cz/cs/77-oto%C4%8Dn%C3%A9-stoly-%C5%99ady-hmg-horizont%C3%A1n%C3%AD.html>
- [24] Zamaq: CNC obráběcí stroje a multifunkční centra. [online]. 2015 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.zamaq.cz/Zvl%C3%A1%C5%A1tn%C3%AD-p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD-GMP>
- [25] ALBA: Naklápěcí otočný stůl. [online]. 2015 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://albaprecision.cz/cz/portal/produkty/hofmann/manualni-pristroje/otocny-a-sklopny-stul-hprs/>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Otočný stůl HMG1-631 [23] .....	13
Obrázek 2 - Těžký otočný stůl FIBROMAX s posuvnou osou [24].....	13
Obrázek 3 - Naklápěcí těžký otočný stůl FIBROMAX [1] .....	13
Obrázek 4 - Naklápěcí otočný stůl HPRS [24] .....	13
Obrázek 5- Schéma otočného stolu [1] .....	14
Obrázek 6- Schéma momentového pohonu[3] .....	15
Obrázek 7- Šnekový převod s přímým ozubením [7] .....	15
Obrázek 8- Šnekový převod s globoidním ozubením [8].....	16
Obrázek 9-Převod kuličkovým šroubem [9].....	16
Obrázek 10 - Upínací deska [12] .....	17
Obrázek 11 Axiální kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem[13] .....	17
Obrázek 12 – Axiálně radiální válečkové ložisko [13] .....	17
Obrázek 13 - Ložisko se zkříženými válečky [14].....	18



Obrázek 14 - Uhlový snímač SIGNUM [19].....	19
Obrázek 15- Magnetický modulární snímač ERM [21] .....	19
Obrázek 16 - Indukční snímač [21].....	19
Obrázek 17-Černá skříňka [I] .....	23
Obrázek 18-Technický proces (blokové schéma [I] .....	24
Obrázek 19 - Hierarchický funkční strom .....	25
Obrázek 20-Blokové schéma [I] .....	26
Obrázek 21-Hrubá stavební struktura.....	31
Obrázek 22-Schématický nákres pohonu a ochranné stěny .....	32
Obrázek 23-Těžiště boční strany ochranné stěny .....	33
Obrázek 24-Působení sil na bok ochranné stěny .....	35
Obrázek 25-Poloměr těžiště.....	36
Obrázek 26-Celkový poloměr .....	37
Obrázek 27-Poloměry šroubů .....	40
Obrázek 28-Vzdálenosti šroubů.....	41
Obrázek 29-Pohon EXPERT EDH 960.....	44
Obrázek 30-Čistá stavební struktura .....	46
Obrázek 31-Základová a stavěcí deska .....	47
Obrázek 32-Nosná konstrukce.....	48
Obrázek 33-Detail středících kolíků .....	49
Obrázek 34-Uložení svařovacích přípravků 1 .....	50
Obrázek 35-Uložení svařovacích přípravků 2 .....	50
Obrázek 36-Ochranná stěna.....	51
Obrázek 37-Rozmístění snímačů .....	52
Obrázek 38-Bezpečnostní snímač .....	53
Obrázek 39-Indukční snímač .....	54
Obrázek 40-Snímač polohy .....	55
Obrázek 41-Otočný stůl - Poloha 0 .....	56
Obrázek 42-Poloha 0 - Detail snímačů.....	56
Obrázek 43-Otočný stůl - Poloha 1 .....	57
Obrázek 44- Poloha 1 - Detail snímačů.....	57
Obrázek 45- Otočný stůl se svařovacími přípravky- Pohled zprava.....	58
Obrázek 46- Otočný stůl se svařovacími přípravky- Pohled zleva.....	58
Obrázek 47- Rozložení sítě - pohled shora.....	59
Obrázek 48-Rozložení sítě - Pohled zespod .....	60

Obrázek 49- Definování síly přípravků .....	60
Obrázek 50- Definování síly ochranné stěny .....	61
Obrázek 51- Definování gravitační síly .....	61
Obrázek 52-Výsledná deformace .....	62
Obrázek 53-Výsledné napětí.....	63

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-Požadavkový list [I].....	22
Tabulka 2-Morfologická matice [I].....	27
Tabulka 3-Vybrané varianty [I] .....	28
Tabulka 4-Hodnocení zajištění pracovního dílu .....	29
Tabulka 5-Hodnocení ustavení .....	29
Tabulka 6-Hodnocení snímání polohy stolu .....	29
Tabulka 7-Hodnocení upevnění pohonu .....	29
Tabulka 8-Celkové hodnocení funkcí [I].....	30
Tabulka 9- Velikosti elementů.....	59

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – Bubnový pohon EXPERT EDH 960

Příloha II - Axiální – radiální válečkové ložisko NRT 460 A

Příloha III – Bezpečnostní snímač EUCHNER NG1HB-5101060-M

Příloha IV – Snímač polohy EUCHNER CES-AR C01 AH SA

Příloha V – Aktuátor EUCHNER CES-A.BPA

Příloha VI – Indukční snímač TELEMECANIQUE XS1M18AB120

Příloha VII – Ochranné sklo MAKROLON

Příloha VIII – Kotevní šrouby FISCHER – FHB II – A L M16 x 160 / 100

Příloha IX – Výkresová dokumentace

- DP\_CIE0027\_01\_R00\_000\_OTOCNY\_STUL
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_002\_NOSNA\_KONSTRUKCE
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_002\_NOSNA\_KONSTRUKCE\_SVARENEC

- DP\_CIE0027\_01\_R00\_003\_OCHRANNA\_STENA
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_004\_STENA\_STRED
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_005\_STENA\_BOK
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_102\_DESKA\_1200x1200
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_101\_DESKA\_900x900
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_105\_KOTOUC
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_106\_STOJAN1
- DP\_CIE0027\_01\_R00\_107\_STOJAN2

Příloha X – CD – 3D model konstrukčního řešení

- Výkresová dokumentace
- Poster

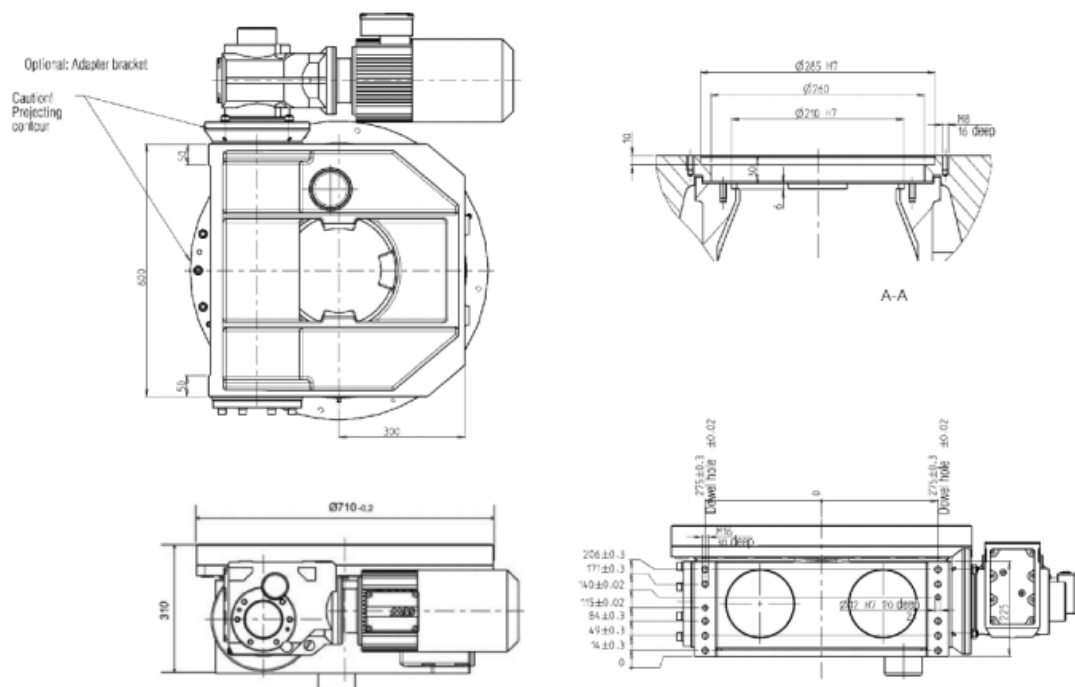
## **Přílohy**

## Příloha I

### Pohon

EXPERT EDH 960

## Trunnion drive EDH 960/A6879



### Technická data

Typ	Ø Table plate [mm]	Height [mm]	max. axial load [kg]
EDH 610	360	190	1100
EDH 700	450	240	2500
EDH 810	560	280	3700
EDH 960	710	310	5800
EDH 1170	920	360	8200
EDH 1370	1120	420	13000
EDH 1600	1350	480	16000

<http://www.expert->

[tuenkers.com/publish/viewfull.cfm?objectid=6ecef05e\\_e081\\_515d\\_74d939622cbff688](http://tuenkers.com/publish/viewfull.cfm?objectid=6ecef05e_e081_515d_74d939622cbff688)

## Příloha II

### Axiální – radiální válečkové ložisko

Axiální – radiální válečkové ložisko NRT 460 A

Základní rozměry			Základní hodnoty zatížení				Limiting speeds		Guideline	Označení
			radiální		axiální		Grease	Oil	rotary table	
d	D	H	dynamické C	statické C <sub>0</sub>	dynamické C	statické C <sub>0</sub>			diameter	
mm			kN				ot/min		mm	-
<b>460</b>	600	70	201	765	180	2240	80	160	1000	<b>NRT 460 A</b>

**Axial preload [kN]** (average value) 16

**Axial unloading force [kN]** (average value) 34

**Frictional moment C<sub>RL</sub> [Nm]** (guideline value) 70

**Stiffness** (values refer to the roller set)

Axial [kN/μm] 38,5

Radial [kN/μm] 12,1

Movement [kNm/rad] 1036

**Retaining bolts** 2 x M8 , 180°

**Removal threads G** 3 x M12 , 120°

**Required attachment bolts**

Shaft (no. of bolts x pitch) 46 x 7.5°  
with 2 positions omitted at 180° apart at retaining bolt positions

Housing (no. of bolts x pitch) 45 x 7.5°  
with 3 positions omitted at 120° apart at removal thread positions

**Recommended tightening torque for attachment bolts grade 10.9 [Nm]**  
34 ( M8 )

<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/axial-radial-crb/axial-radial-crb-skf-super-precision/index.html?prodid=1870010008&imperial=false>

## Příloha III

### Bezpečnostní snímač

EUCHNER NG1HB-510I060-M

## Position Switches According to EN 50041

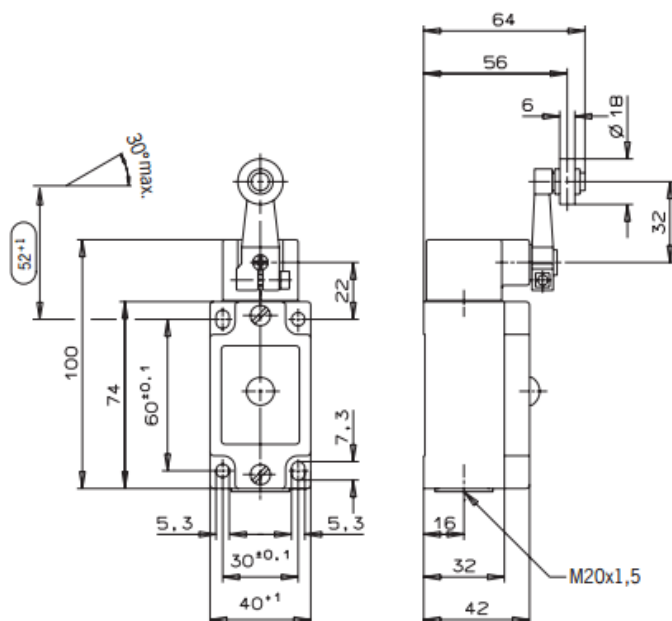
**EUCHNER**

### Position switch series NG1.../NZ1...

- ▶ **Roller lever arm** HB (plastic roller)  
HS (steel roller)
- ▶ **Cable entry** M20 x 1.5

**NG...****NZ...**

### Dimension drawing



### Switching elements

- ▶ **510** Snap-action switching contact  
1 NC + 1 NO
- ▶ **511** Snap-action switching contact  
1 NC Ⓢ + 1 NO
- ▶ **528H** Slow-action switching contact  
1 NC Ⓢ + 1 NO
- ▶ **538H** Slow-action switching contact  
2 NC Ⓢ
- ▶ **2131H** Slow-action switching contact  
3 NC Ⓢ + 1 NO
- ▶ **3131H** Slow-action switching contact  
2 NC Ⓢ + 2 NO

(further information: see page 9)

### LED function display

A red function display LED is available for the following voltage ranges:

- |                              |      |
|------------------------------|------|
| ▶ 12-60 V AC/DC              | L060 |
| ▶ 110 V AC ±15%              | L110 |
| ▶ 230 V AC ±15% (on request) | L220 |







### Adjustment options

Horizontal and vertical 4 x 90° (see page 8).

### Switching direction

Switches to the right, left or both sides (see page 8).

## Technická data

Parameter	Value				Unit	
Housing material	Anodized die-cast alloy					
Degree of protection acc. to IEC 60529	IP 67					
Installation position	Any					
Mechanical life	30 x 10 <sup>6</sup> operating cycles					
Ambient temperature	- 25 ... + 80 (-40 °C on request)				°C	
Mass	approx. 0.3				kg	
Actuator	Roller lever arm					
Roller material	Plastic (HB)		Steel (HS)			
Approach speed, max. <sup>1)</sup>	300		60		m/min	
Approach speed, min.	0.1				m/min	
Operating point accuracy	± 0.25				°	
Positively driven according to IEC 60947-5-1, appendix K	See symbol  in travel diagram					
Actuating force, min.	15				N	
Switching elements	<b>510</b> 1 NC + 1 NO	<b>528H</b> 1 NC  + 1 NO	<b>538H</b> 2 NC 			
	<b>511</b> 1  + 1 NO	<b>2131H</b> 3 NC  + 1 NO	<b>3131H</b> 2 NC  + 2 NO			
Switching principle	Snap-action switching contact	Slow-action switching contact with H contact bridge				
Contact material	Silver alloy, gold flashed					
Contact closing time	< 4				ms	
Contact bounce time	< 3				ms	
Rated impulse withstand voltage U <sub>imp</sub>	2.5				kV	
Rated insulation voltage U <sub>i</sub>	250				V	
Utilization category according to IEC 60947-5-1						
	AC12	I <sub>b</sub> 10 A U <sub>e</sub> 230 V	-			
	AC15	I <sub>b</sub> 6 A U <sub>e</sub> 230 V	I <sub>b</sub> 4 A U <sub>e</sub> 230 V			
	DC13	I <sub>b</sub> 6 A U <sub>e</sub> 24 V	I <sub>b</sub> 4 A U <sub>e</sub> 24 V			
Switching current, min., at switching voltage	10 24	1 24	10 12	1 24	10 12	mA V DC
Conventional thermal current I <sub>b</sub>	6	4			A	
Short circuit protection acc. to IEC 60269-1 (control circuit fuse)	10/6	4			A gG	
Connection	Screw terminal <sup>2)</sup>					
Conductor cross-section, max.	2 x 1.5				mm <sup>2</sup>	

[http://www.euchner.cz/data/pdf/Download/Katalogy/automation/076603\\_euchner\\_limit\\_switches\\_acc\\_EN50041.pdf](http://www.euchner.cz/data/pdf/Download/Katalogy/automation/076603_euchner_limit_switches_acc_EN50041.pdf)



## Příloha IV

### Snímač polohy

#### EUCHNER CES-AR C01 AH SA

##### Bezkontaktní bezpečnostní spínače CES-AR-C01...

- ▶ Čtecí hlava s integrovanou vyhodnocovací elektronikou
- ▶ Až 20 sériově řazených spínačů
- ▶ Monitorování příčného zkratu
- ▶ Dva bezpečnostní výstupy (polovodičové)
- ▶ Kategorie 4 / úroveň vlastností „e“ dle normy EN ISO 13849-1

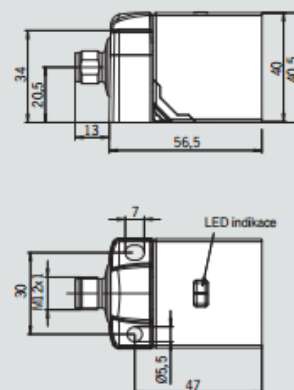


##### Bezkontaktní bezpečnostní spínače CES-AR-C01...

Konektor M12, 8pólový

Cat.  
4  
PLe  
1...20

##### Rozměrový výkres



Připojovací kabel  
viz stranu 205

### Technická data

Parametr	Hodnota			Jednotka
	Min.	Typ.	Max.	
Materiál pouzdra	PBT V0 GF30			
Rozměry	Dle normy EN 60947-5-2			mm
Hmotnost	0,4			kg
Povolený rozsah provozních teplot při $U_s = 24$ V DC	-20	-	+55	°C
Teplota při skladování	-25	-	+70	
Krytí	IP67			
Třída ochrany	III			
Stupeň znečištění	3			
Montážní poloha	Libovolná			
Způsob připojení	Konektor M12, 8pólový			
Napájecí napětí $U_s$ (zabezpečeno proti přepólování, regulováno, zbytkové zvlnění < 5 %)	24 ± 15 % (PELV)			V DC
Pro schválení dle UL platí	Provoz pouze s napájením opatřeným atestem UL-Class 2 nebo rovnocenným			
Odběr proudu		50		mA
Spínané zatížení dle „C“	24 V DC, třída 2			
Externí jistění (napájecí napětí $U_s$ )	0,25	-	8	A
Požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu	Dle normy EN 60947-5-3 a EN IEC 61326-3-1			
<b>Bezpečnostní výstupy (OA/OB, dva polovodičové výstupy, PNP, odolné proti zkratu)</b>				
- Výstupní napětí $U(OA)/U(OB)$ <sup>1)</sup>				
HIGH $U(OA)$	$U_s - 1,5$	-	$U_s$	V DC
HIGH $U(OB)$	$U_s - 1,5$	-	$U_s$	
LOW $U(OA)/U(OB)$	0	-	1	
Spínaný proud na každém bezpečnostním výstupu	1	-	400	mA
Kategorie použití dle normy EN 60947-5-2	DC-13 24 V 400mA Varování: Při indukční zátěži musejí být výstupy chráněny nulovou diodou			
Zbytkový proud $I_r$	≤ 0,25			mA
Návrhové izolační napětí $U_i$	-	-	300 <sup>2)</sup>	V
Návrhová odolnost proti rázovému napětí $U_{imp}$	-	-	1,5	kV
Odolnost proti vibracím	Dle normy EN 60947-5-2			
Frekvence spínání	-	-	1	Hz
Opakovací přesnost R	≤ 10			%
<b>Monitorovací výstup (OUT) (polovodičový výstup, PNP, odolný proti zkratu)</b>				
Výstupní napětí	$0,8 \times U_s$	-	$U_s$	V DC
Zatížitelnost	-	-	200	mA

<http://www2.euchner.de/Portals/0/siriusmedia/pim/data/178135.pdf>

## Příloha V

### Aktuátor

#### EUCHNER CES-A.BPA

##### Aktuátor CES-A-BPA

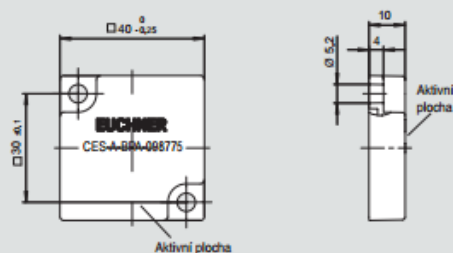
- Tvar kvádru  
40 x 40 mm



Možnosti kombinování viz stranu 179.

##### Aktuátor CES-A-BPA

##### Rozměrový výkres



### Technická data

Parametr	Hodnota			Jednotka
	Min.	Typ.	Max.	
Materiál pouzdra	PBT			
Hmotnost	0,025			kg
Krytí dle IEC 60529	IP67/IP69K			
Povolený rozsah provozních teplot	-25	-	+70	°C
Montážní poloha	Aktivní plocha proti čtecí hlavě			
Napájení	Indukční z čtecí hlavy			

<http://www2.euchner.de/Portals/0/siriusmedia/pim/data/178135.pdf>

## Příloha VI

### Indukční snímač

TELEMECANIQUE XS1M18AB120



#### **XS1M18AB120**

**inductive sensor XS1 M18 - L53mm - brass -  
Sn5mm - 12..24VDC - cable 2m**

### Technická data

#### Main

Range of product	OsiSense XS
Series name	Application
Sensor type	Inductive proximity sensor
Device application	-
Sensor name	XS1
Sensor design	Cylindrical M18
Size	53 mm
Body type	Fixed
Detector flush mounting acceptance	Flush mountable
Material	Metal
Type of output signal	Analogue
Wiring technique	2-wire
[Sn] nominal sensing distance	5 mm
Discrete output function	1 NC
Output circuit type	DC
Analogue output range	4...20 mA
Electrical connection	Cable
Cable length	2 m
[Us] rated supply voltage	12...24 V DC
IP degree of protection	IP67 conforming to IEC 60529

[http://www.tesensors.com/global/en/product/inductive-capacitive/xs-xt-ref/?el\\_typ=product&cat\\_id=BU\\_AUT\\_515\\_L3&conf=basket&prd\\_id=XS1M18AB120&scp\\_id=Z000&lc=en](http://www.tesensors.com/global/en/product/inductive-capacitive/xs-xt-ref/?el_typ=product&cat_id=BU_AUT_515_L3&conf=basket&prd_id=XS1M18AB120&scp_id=Z000&lc=en)

## Příloha VII

### Ochranné sklo MAKROLON

Průhledné desky, velmi odolné proti rozbití. Používané i pro zasklení neprůstřelných oken bank, zlatnictví a obrněných automobilů.

Dodáváme - plné desky vhodné zejména pro vandalům odolávající zasklení, kryty strojů, přístrojů a výrobních linek, mantinely sportovních stadionů.



Polykarbonát s oboustranným UV filtrem												
Značka	Typ	Barva	Rozměr (mm)	Síla desky (mm)								
				2	3	4	5	6	8	10	12	15
Makrolon®	mono UV	čirá	2050 x 1250	N	N	N	N	N	N	N	N	N
			2050 x 3050	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Makrolon®	mono UV	bílá	2050 x 3050	N	x	x	x	N	N	N	N	
Makrolon®	mono UV	bílá	2050 x 3050	x	x	N	N	N	N	N	N	
Makrolon®	mono UV	bronz	2050 x 3050	N	x	x	x	x	x	N	N	
Makrolon®	mono UV	šedá	2050 x 3050	N	N	N	N	N	N	N	N	
Makrolon®	mono UV	modrá	1250, 2050 x Y	N	N	N	N	N	N	N	N	
Makrolon®	mono UV	zelená	1250, 2050 x Y	N	N	N	N	N	N	N	N	

<http://www.polykarbonatove-desky.cz/plne-polykarbonatove-desky-sortiment/>

<http://www.znackykladno.cz/polykarbonat>

## Příloha VIII

### Kotevní šrouby

FISCHER – FHB II – A L M16 x 160 / 100



Z důvodu velké hloubky kotvení svorníku kotvy FHB II-A L dosahuje systém maximální nosnosti. Díky tomu je zapotřebí menší počet kotvicích bodů a menší kotevní desky.

Tvar kuželů kotevních svorníků FHB II-A L je optimalizovaná speciální pro vysoká tahová zatížení. Díky tomu je dosahována maximální výkonnost i v betonu s trhlinami.

Použití FHB II-A L ve spojení s injektážní maltou FIS HB umožňuje průvlečnou montáž pomocí vyplnění kruhové štěrbiny bez dalších pomůcek.

Kotevní svorník FHB II-A L je certifikován pro použití s patronou i s injektážní maltou. To zaručuje maximální flexibilitu použití.

### Technická data

Osvědčení ETA		■	
Průměr vrtaného otvoru	$d_0$	18	[mm]
Hloubka vrtaného otvoru	$h_0$	175	[mm]
Kotevní hloubka	$h_{ef}$	160	[mm]
Užitná délka	$t_{fix}$	100	[mm]
Závit	M	M 16	
Rozměr klíče	○ SW	24	[mm]
Balení		10	[Kusy]
GTIN (EAN kód)		4006209970706	

<http://www.fischer-cz.cz/Domovska-stranka/Produkty/tabid-1766.aspx/cpage-productdetails/pcategory-1001076916/product-097070/usetemplate-productdetails/>